

صحيفة

٥٤

الغرافومتر المكرونة

٥٥

بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر

الدرس الرابع في بيان الأشكال المتنوعة التي يمكن جعلها لمحصلات  
الصناعة بواسطة الخط المستقيم والدائرة (ويشتمل على بيان المثلث  
المستوى وأنواع المثلثات المختلفة والمثلث المتساوي الساقين وعلى شرط

٥٧

تساوي المثلثات)

٦٢

بيان الأشكال ذات الأضلاع الأربعة

٦٣

بيان أحوال العمليات (ويشتمل على المثلث والمستطيل والمربع)

بيان تماثل الأشكال ذات الأضلاع الأربعة (ويشتمل على مجموع زوايا

٦٦

المثلث وعلى الأشكال المربعة والمخمسية والمستديرة)

بيان ما يتعلق بالدائرة والأشكال المنتهية بخطوط مستقيمة (ويشتمل

٦٧

على الأشكال الكثيرة الأضلاع المنتظمة)

٧٠

تطبيق الأشكال كثيرة الأضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة

تطبيق الأشكال المتقدمة على التباين وتكوين الأخشاب والارتفاع

والثروبين (ويشتمل على الأشكال ذات الأضلاع المنتظمة التي يمكن بها

٧٠

تغطية المسافة على وجه الضبط ونصائح تطبيق على البناء)

بيان الأشكال المنتهية بخطوط مستقيمة وأقسامها (ويشتمل على

التطبيق على الملاعب والمدرجات والبوابات والحدود والحدائق

٧٣

والقباب المصنوعة على صورة أذن البقرة)

٧٤

بيان رسم تفصيل العمارة

الدرس الخامس في بيان الأشكال الهندسية والهندسة المعمارية

٧٧

(ويشتمل على تساوي الأشكال)

٧٩

بيان طبع الرسم أي النقل باليد

٧٩

بيان نقل الرسم

بيان

صنيفه

٧٩	بيان تماثل الاشكال
	بيان تحصيل الاشكال المتساوية او المتماثلة بالنحت والطبع والتمهيد
٨٠	اي الطبع بالحجر وغير ذلك
٨٠	بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع
٨٣	بيان قاعدة المربعات
٨٥	بيان الاشكال المناسبة
٨٧	بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة
٨٨	بيان تصميم رسم ارنيك آلة او محصول صناعة
٨٩	بيان الخاصية الاصلية للناسب الهندسي
٩٢	بيان المثلثات المتشابهة
٩٥	بيان بيكار التناسب
٩٧	بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة
	الدرس السادس في بيان اخذ مسطح الاشكال المستوية المفهومة
٩٩	بخطوط مستقيمة او مستديرة
١٠٧	بيان استحالة تربيع الدائرة
١٠٧	بيان تماثل سطح الاشكال المتشابهة لبعضها
١٠٩	بيان اجراء العملية
١١٠	بيان اجراء العملية في صناعة الصيني
١١٠	بيان اجراء العملية في قطع الاوتاد
١١٣	بيان عملية خراط الاجسام
	بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شان قطع السطوح
١١٣	المستوية
١٢٠	الدرس السابع في بيان المجسمات المنتهية بالمسويات
١٢١	بيان اجراء العملية

١٢٢	بيان اجراء العملية في علم النظر
١٢٣	بيان اجراء العملية في علم المباني
١٢٣	بيان اجراء العملية في الميكانيكة
١٢٤	بيان اجراء عدة عمليات مختلفة
١٢٤	بيان المتأثير البلورية
١٣٢	بيان مساحة الاجسام المنتهية بأوجه مستوية
١٣٤	بيان تكعيب شكل الاهرام
	بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته بأوجه مستوية على
١٣٦	حسب المطلوب
١٣٨	اجراء العملية في تكعيب قاربن السفن
١٣٩	بيان النجسمات المتشابهة
١٤٢	المدرس الثامن في بيان الاسطوانات
١٤٤	الطريقة الاولى في صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع
١٤٤	بيان اجراء العملية في صناعة صواري السفن
	الطريقة الثانية في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية
١٤٥	المتوازية
١٤٥	بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار
١٤٥	اجراء العملية في التكعيبات والتشييكات وغيرهما
١٤٨	بيان صناعة الاسطوانات بالمد والسحب
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانات بالتقرب
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانات بالنشر
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانة عند المعمار جية
١٥٠	بيان مساحة سطح الاسطوانات

١٥٥	بيان مساحة حجم الاسطوانات
١٥٥	اجراء عملية خواص الاسطوانة في تحديد النطايل
١٥٤	اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية
١٥٥	بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة
١٥٥	بيان استعمال الاسطوانة في ترقيق القطر
١٥٥	بيان الاسطوانات المركبة اعني آلات الخلق
١٥٦	بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق
١٥٦	بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع
١٥٦	بيان طبع الليتغرافية اي الطبع على الحجر
١٥٧	بيان الطبع بالنقش
	بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة في صناعة الحديد وجعله
١٥٧	فضائنا
١٥٧	بيان استعمال الاسطوانات في ندف القطن
١٥٨	بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن والتيل ونحو ذلك
١٥٨	بيان تخطيط الاسطوانات
١٦٠	الدرس التاسع في بيان السطوح المخروطة
١٦٦	بيان استعمال آلة التصوير
١٦٨	بيان الاوضة المنظمة
١٦٩	بيان الصورة الخيالية
١٦٩	بيان الخيال الظلي
١٧٠	بيان قاعدة علم المنظر
١٧٣	بيان اجراء علم المنظر في فن المعمارية
١٧٥	بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير
١٧٦	بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومحصولان الصناعة



صحيحة

- ١٧٧ بيان اجراء عملية علم النظر في زخرفة محل الالعب
- ١٧٧ بيان اجراء عملية المساقط المخروطية في علم الجغرافيا
- الدرس العاشر في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة
- ١٧٨ اى مضاعفة الانحناء وغير ذلك
- ١٨٠ بيان اجراء العملية
- ١٨٠ بيان اجراء العملية في صناعة البسط والجوخ
- ١٨٦ بيان نشر الاخشاب المنحنية
- ١٨٢ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاحجار
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القباب والقبوات
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن
- ١٨٨ بيان الانحوديات والارائيل المنتشرة
- ١٨٨ بيان اجراء العملية في تفصيل اقنعة الملبوسات
- ١٩١ بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء
- ١٩٢ بيان اجراء العملية في عمارة السفن
- ١٩٢ بيان عمل الاخشاب المنحنية
- ١٩٦ الدرس الحادى عشر في بيان سطوح الدوران
- ١٩٨ بيان سطوح الدوران المتولدة من حركة خط مستقيم
- ١٩٩ بيان المقراض
- ١٩٩ بيان محلات الغزل
- ١٩٩ بيان الكرة
- ٢٠١ بيان الطرق المستعملة في رسم الكرة
- ٢٠٤ بيان مساحة حجم الكرة وقطوعها
- ٢٠٦ بيان اجراء العملية
- ٢٠٧ بيان اجراء العملية في علم الجغرافيا والهيئة

صحيحة

	بيان فئمة سطح الارض الى مربعات كروية ليتيسر بها تخطيط الاماكن
٢٠٨	
٢١٠	بيان اجراء العملية في اتجاه الطرق في علم الملاحة
٢١٥	بيان للكرة السماوية
٢٢٢	الدوس الثاني عشر في بيان السطوح الخلزونية
٢٢٣	بيان شكل البريمة الخلزوني
٢٢٥	بيان اجراء العملية
٢٢٧	بيان اجراء العملياتات
٢٢٨	بيان الاعمدة الملتفة
٢٢٨	بيان الامبيق المتوى
٢٣٠	بيان غزل التيل والكتان
٢٣١	بيان غزل الصوف والقطن
٢٣٥	بيان السطوح الخلزونية المستعملة في السلام
٢٣٥	بيان السطح الخلزوني لبريمة المهندس ارشيدس
٢٣٨	الدوس الثالث عشر في بيان تقاطع السطوح
٢٤١	بيان مسقطي الخط المستقيم
٢٤٣	بيان مسقطي كثير الاضلاع
٢٤٦	بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات مع السطوح المنحنية
٢٤٧	بيان كيفية رسم مسقطي الاسطوانة
٢٤٧	بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى
٢٤٨	بيان اجراء العملية في انشاء السفن
٢٤٨	بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانة مع الظلال
٢٥٠	بيان اجراء العملية في علم المنظر
٢٥٠	بيان تقاطع المخروط والمستوى

صيفه

- ٢٥١ بيان القطع الناقص
- ٢٥٢ بيان اجراء العملية في علم الضوء
- ٢٥٣ بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت
- ٢٥٥ بيان القطع المكافئ
- ٢٥٧ بيان اجراء العملية في المنسارات
- ٢٥٧ بيان القطع الزائد
- ٢٥٨ بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية
- ٢٥٨ بيان اجراء العملية في معرفة علم النور
- ٢٥٩ بيان البانورامة اى المنظر العام
- ٢٥٩ بيان المرآة المسحورة
- ٢٦٠ بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القباب والقباب
- ٢٦٠ بيان الظلال المخروطية
- الدرس الرابع عشر في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمنحنيات  
والسطوح
- ٢٦١ بيان المستويات المماسية للسطوح
- ٢٦٤ بيان المستوى المماس للاسطوانة
- ٢٦٦ بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية
- ٢٦٧ بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية
- ٢٦٧ بيان المستويات المماسية للمخروط
- ٢٦٨ بيان اجراء العملية
- ٢٦٨ بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة
- ٢٦٨ بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان
- ٢٦٩ بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان
- ٢٧٠ بيان الاسطوانات المماسية والمكثفة بسطوح آخر

صيفه

٢٧٠

بيان الاسطوانات التي تكتنف بالكرة

٢٧٠

بيان اجراء عملية ذلك

٢٧٥

بيان معيار الاكر

٢٧١

بيان اجراء العملية في الظلال

٢٧٢

بيان اجراء العملية في فن النجارة

٢٧٣

بيان الكسوف

٢٨١

بيان اجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك

٢٨٢

الدرس الخامس عشر في بيان المنحناء الخطوط والسطوح

٢٨٣

بيان اجراء العملية في المنحناء الارض

٢٩١

بيان المنحناء الكرة





بيان الخطا والصواب من الجزء الاول من كتاب كشف وموز السر المصون  
في تطبيق الهندسة على الفنون

خطا	صواب	صيفه	سطر
خواصا	خواص	٦	٢٣
المقاس	المقيس	١١	٥
(شكل ٢٧)	(شكل ٢)	١١	٢٥
وجبل	اوجبل	١٦	١٨
د٥	د٥	٤٠	
ث	وث	٢٤	١
لأن	الآن	٢٨	٢١
مستقيم	مستقيم	٣٠	١٢
وقل اختلاف	واقل اختلاف	٣١	٨
م ا ب د ن	م ا ب ث د ن	٣٦	٧
و د ح	و د ح	٤١	٢
م د ح	م د ح	٤١	٤
م د ح	م د ح *	٤١	٦
و د	و د	٤٢	٣
نقطة ح	نقطة ح	٤٢	٢٣
٥٥٧٦	٥١٧٦	٥٠	١٢
موضوعين	موضوعا	٧٥	٢٤
كشكلا	كشكلا	٨١	٥
الى ب ث د	الى ب ث د	٨١	٢٢
ام	ام	٨٧	١٥
كان م د ر	كان م د ر	٨٨	١٦
بينهما التناسب	بينهما التناسب	٩٠	٢١

خطا	صواب	حقيقة	سطل
مثلث ا ب ت	مثلث ا ب ت	٩٢	١١
هـ : ث	هـ : ف	٩٦	٥١
س ض ا	س ض ا	١٠٤	٢١
ص د	ص ز	١٠٢	١٨
ل م ن ف	ل م ن و	١٠٣	١٨
(شكل ٢٨)	(شكل ٨)	١٠٦	٥
ن ح خ	ن ح خ م	١١٧	٩
ن و	ث و	١١٨	٤٦
ج ر	خ ر	١٢٠	٢
ح ر	خ ر	١٢٠	٦
القطاع الخشب	لقطاع الخشب	١٢٨	٥
وس	وش	١٣٥	٢٢
بناء ذلك	بناء ذلك	١٣٦	٨
المجسمتين	المجسمتان	١٤٠	١٠
٤	١	١٤١	١٣
م ن ح ح	م ن ح ح	١٤٣	٨
ث	ث	١٤٥	٨
وتصغر	وتصغر	١٤٨	٢٤
ح ح ر ص	ح ح ر ض	١٥٤	٢٣
(شكل ١٧)	(شكل ١٨)	١٥٨	٢
(شكل ١٥)	(شكل ١٩)	١٥٨	١١
المسمى اوالياف	المسمى بالشبكة		
العين المشتبكة	اوالياف العين		
بالشبكة	المشتبكة	١٦٨	٣



خطا	صواب	صفحة	سطر
ان الخط	ان الخط	١٨٢	١١
٢٥	٢٥	١٩٦	١٢
(شكل ٩)	(شكل ٦)	٢٠١	٤
٣٠٠	٣٠٠	٢٢٥	٦
مقلاد بور	والخاوير	٢٢٨	٢
دخيل	دخيل	٢٤٢	٥
المنطقة	المنطقة	٢٥٦	٥
حائرة ابثد	حائرة ابث	٢٦١	٢٤

٨ \_\_\_\_\_ ١

الجزء الأول من كتاب كشف رموز السر

المصون \* في تطبيق الهندسة

على الفنون \* تعريب

عيسى أفندي

زهران



الحمد لله الذي امتد علمه بسائر الاشياء كل الامتداد \* وتوزع هن ان تحصره  
 اقطار وجهات وابعاد \* احكم ما صنع \* ووضعه على امتن اساس \* واتقن  
 ما ابتدع \* لا على مثال ولا قياس \* وغدت الافكار تهم في دوائر ملكوته  
 فلم تدرك له غاية \* ولم تقف له عند حد ولا نهاية \* والصلاة والسلام على من  
 براهين فصاحته قاطعه \* ودلائل بلاغته قامعه \* مر كز محيط الماثر  
 والمقاخر \* منبع علوم الاوائل والاواخر \* سيدنا محمد الذي خلق على احسن  
 الاشكال \* الجوهر الفرد الذي جعل بالآيات البينات كل اشكال \*  
 وعلى آله واصحابه الذين اقاموا عماد الدين \* على سطح مستو على الاستقامة  
 متين \* ثم الدعاء لحضرة فخر امر آء الزمان \* وصدر اهل التمدن والعمران \*

## في تطبيق الهندسة على الفنون

مجدّد ببيان العلوم والفنون بعصرنا \* بعد ان درست آثارها بمصرنا \*  
 رب المفخر التي شهد بفضلها الخصاص والعام \* ولما نألتني تسجود على الثريا  
 وتفاخر الغمام \* خلد الله حكومته الهبة \* وبلغه كل القصد والامنية \*  
 ولا زال باقيا عدله المنشور \* الى يوم البعث والنشور \* وبعد فيقول مترجمو  
 هذا الكتاب لما كانت مدرسة الاسنة \* حائرة من ككل فن احسنه \*  
 وكنا من انتظم في سلك تلامذتها شمرنا عن ساعد الجدد والاجتهاد \* وبذلنا كل  
 الجهد في تحصيل المراد \* وعثرنا على ذلك بهمة ناظر تلك المدرسة التي سلكت  
 بحسن ادارته \* وفرط عنايته \* منهج التقدم والنجاح \* وسارت سير البدر  
 في غسق الدجا الى ظهور الصباح \* حيث افرغ وسعه في التعليم \* وسلك  
 طريق التفهم والتفهيم \* كيف لا وقد جمع بين مرتبتي المعقول والمنقول \*  
 وحاز فضايقي الفروع والاصول \* حضرة رفاعة افندي \* حفظه المعيد  
 المبدى \* فبعد ان تحققت الاحمال \* وجوزيت الاعمال \* وكنا من زمرة  
 رجل قلم الترجمة \* الذي يأبى الله الا ان ينشر عمله وعلمه \* ترجمنا من الفرنسية  
 الى العربية باهر من نغمت بمدحه الورق على الايك \* مديردوان عموم  
 المدارس ادهم بيك \* القارئ بالمحاسن العلمية والعمالية \* المستوى على  
 المعارف السكية والجزئية \* في العلوم الرياضية وغير الرياضية \* كتاب في تطبيق  
 الهندسة والميكانيكة على الحرف والصناعات والفنون المستظرفة تحت رياسة  
 رب الدكاه الرائق \* والفهم الفائق \* من فاق الاقران \* في حومة الميدان \*  
 وبرع في الفنون الهندسية \* ومهري في العلوم الرياضية \* حضرة محمديوي  
 افندي \* وبصحيحه لما يخص الهندسة مع ملاحظة واطلاع حضرة الافندي  
 ناظر المدرسة والقلم المذكور المشار اليه فناء عيسوي زهران افندي ترجم الجزء  
 الاول والسيد صالح افندي الجزء الثاني ومحمد افندي الحلواني الجزء الثالث ولما  
 تمها التمام \* وابس طراز اختتام \* وسمناه بكشف رموز السر المصون \* في تطبيق  
 الهندسة على الفنون \* فجاء بحمد الله مرتب المعاني \* مهذب المباني \* يشهد  
 لا يام ولي النعم بانها غررت في وجوه الايام \* شهادة صدق لا يعتريها نقض

ولا ابرام \* وبالجملة فصاحب السعادة لا تكرر همة \* ولا تبارى في تقويم  
 اود الملات رغبته \* فهو جدير بما قاله فيه \* الاقنذى مترجم الجزء الثاني المشار  
 اليه \* نظريز الامم من بعض ما يجب لدوائه عليه \* مع تلقيبه بشطرنج  
 دائرة الوجود \* رب الاحسان والجلود

قد طاف بي طيف انجيل السارى \* ودنا الوصال وفزت بالايوطار  
 طفت في الاحشاء من فرط الجوى \* تنقاد نحو طوارح الاقار  
 بشرى لقلب قلبي منهل للنسا \* وسعت اليه بجيشها الجرار  
 دعني عذولي لالتنى في الهوى \* واترك ملاي في الغرام ودار  
 آتيت من شرع الهوى برسالة \* في العذل تعزل صبوتي وتعارى  
 يكفيك ما قد حل بي من هجره \* فسواي في حب الملاح مكارى  
 رام السلوى لمن احب عواذلى \* والقلب لا يبتك في تذكار  
 تاهت عقول ذوى الهوى في حسنه \* وسقاهم في الحب كاس عقار  
 ان لم يجدنى بالوصال فاني \* باق على عهدى بلا انكار  
 لا انفى للغير عند صدوده \* كلا ولا اصبول ذات سوار  
 والله ما اسلو هواه وان سلا \* وصبا دلا لامنه للاغيار  
 جار العذول واننى جار على \* حاكم المحبة بعد بعد الجار  
 والدمع سال ومهجتي تلفت على \* من حسنه يجلودى الامحار  
 دل السقام على الغرام ولوعتى \* من بعد ما قد اخفيت اسرارى  
 ريم برى الاحشا بسيف لحاظه \* كالداورى بسيفه البشار  
 بيت المكارم قطب دائرة العلا \* عين الوجود ومركز الاخير  
 ان سل في الهيباء عضبا صارما \* باء العدا بمذلة وصغار  
 لله در اميرنا من فارس \* في الحرب يبرى خصمه ييوار  
 اخفت به مصر عروس زمانها \* ومن القنار دثرت بدثار  
 حوت الكمال وفاقت الامصار اذ \* بعزيرها افتخرت على الاقطار  
 سر الورى من فى الوغى قطع العدا \* وانكم برى من فارس جبار

انفديه من بطل اعاد لمصرنا \* شمس المعارف في علو نخار  
 نشرت تواريح الافاضل فضله \* فبذكره ينجب كل غبار  
 وله من الاشبال نجمل ناجب \* يخشاه كل غضنفر كرار  
 الهازم الاعداء ابراهيم من \* فتحت له ابواب كل حصار  
 لم لا يفوق الكل وهو اخو العلا \* نور الزمان وصفوة الابرار  
 جلت مناقبه عن الاحصاء اذ \* سارت مفاخره بكل ديار  
 واختص بالنصر الذي بهر العدا \* فتحناره عن كل عار عارى  
 دانت رقاب مخالفيه لامره \* ورون علامه شواهد الانوار  
 مازال في الاقبال طول حياته \* وعدوه مازال في ادبار  
 حاز الفخار طريقه وتليده \* وسواه في كسب المفاخر طارى  
 ملأ القلوب مهابة فكأنه \* عند التحام الحرب ليث ضارى  
 دلت ما ثره على عزماته \* أنى سواه يكون للاخطار  
 عباسهم بالجود يسيم والندا \* نخر الاماجد كامل المقدار  
 ليث اذا عظم الزال غضنفر \* انضحت دماء عداه كالانهار  
 يستر ثغر الدهر عن احسانه \* ومديحه يجلو قذى الابصار  
 بسعيدهم سعد الزمان واهله \* والبر فاض وعم كل بجمار  
 اما حسين فانه يجنى من السنعليم روضا يانع الازهار  
 شرف الزمان به ومن عبد الحليم غدا رفيعا طيب الاخبار  
 اكرمهم من فتية حازوا العلا \* ايسوغ اقطع عنهم اشعارى  
 وهذا اوان التعريب \* بعون القريب المجيب

## الجزء الاول

(تطبيق الهندسة والميكانيكة على الحرف والصناعات والفنون المستظرفة)

\*(الدرس الاول)\*

في الخط المستقيم والزوايا والخطوط العمودية والمائلة

علم الهندسة يبحث فيه عن قياس الامتداد وتقويم نسبه

والامتداد هو الابعاد الثلاثة التي هي الطول والعرض والعمق

وتكون هذه الابعاد الثلاثة في جميع الاجسام التي تحتوى عليها الطبيعة

وفي سائر الاجسام التي تعمل بواسطة الصناعة وهي موجودة كذلك في كل

مسافة فارغة او مشغولة بجسم ما

سطح الجسم يتركب من جميع النقط التي تفصل هذا الفراغ المشغول بهذا

الجسم مما تبقى من الفراغ المذكور

وبناء على ذلك يكون بالضرورة للسطح المذكور طول وعرض دون عمق حيث

ان النقط الداخلة في سلك الجسم ليست جزءا من سطحه

ويطلق الخط على النقط المتتابعة الفاصلة لجزئ سطح جسم ما ومنه الخط

الهندسي وهو ما اشتمل على الطول دون العمق والعرض ويحتوى الفراغ الذي

يشغله جسم ما في وقت معلوم على جميع ابعاد هذا الجسم ويمكن تصور ذلك

تصورا تاما عند قبوله في قالب ونزعه منه

وبذلك يتصور الانسان المسافة المشغولة بهذا الجسم بمجرد النظر الى ذلك

القالب مثلا اذا رأى بنا عليه فارغة محتوية على جزء من الفراغ فانتا تعرف

ان صورة هذا الجزء الفراغي هي في الحقيقة الصورة الداخلية للعبة

فعلى ذلك تكون الخواص الهندسية المنسوبة لابعاد الجسم منسوبة ايضا

لابعاد هذا الفراغ المشغول بهذا الجسم ومثل ذلك خواص سطوح

الاجسام تكون خواص الجزء الفراغ المشغول بهذا السطح في وقت معلوم

فلذلك كان المهندس المشتغل بالهندسة العملية لا يعتبر جسمان الاجسام

بمخصوصه ولا سطحان السطوح بمخصوصه ليتوصل الى معرفة النسب

الموجودة في ابعاد هذا الجسم وسطحه وانما يتصور في الفراغ جزء الجسم وسطحه لان هذين الشكليين يكفيان في الدلالة عليه ولوان في مثل هذا بعض صعوبة الا انه يبرهن العقل ويقوى الفكر وينشأ عنه فوائد عظيمة لمعرفة الهندسة العملية والعملية وبناء عليه ينبغي ان نعود التلامذة على ذلك شيئاً فشيئاً وان نبين لهم الاختلاف اللازم الموجود بين الاجسام على اعتبار المهندس العلمي والمهندس العملي ولا مانع من ان تتصور في الهندسة اجساماً متداخلة في بعضها بحيث انها تشغل كل ما البعضها جزءاً من الفراغ في آن واحد وذلك غير ممكن في الهندسة العملية وبالجمله فلا يمكن ان الابرأ الماديات الجسمين تشغل معادسافة واحدة ولو ظهر وقوع ذلك لشهد منهم ان ابرأ أحد الجسمين المادية تدخل في فراغ الآخر مثال ذلك ادخال الماء في السفينة وسياً في لنا كون هذه الملاحظات لازمة لشهد حركة الاكوات وتتأهبها

فاذا فرض ان الجسم يتقصر شيئاً فشيئاً من ابعاده الثلاثة التي هي الطول والعرض والعمق فانه يقرب شيئاً فشيئاً من النهاية الوهمية وهي النقطة الهندسية التي باعتبارها يؤول كل بعد من هذه الابعاد الى صفر

وفي الفنون يطلق اسم النقطة غالباً على ابرأ السطح او الجسم اللذين ليس لهما سوى الابعاد الصغيرة جدا كنقط الكتابة ونقط الخطوط النقطية في الرسوم الهندسية وغيرها بالحبر والقلم الرصاص ونقط الحكاكة او في غرزة الخياط وهلم جرا

والنقطة ايضاً تصور من نهاية الاشياء المحددة كالمناقش حيث ان هذه النهاية لا سمك لها محسوس ومن الضروري تعود التلامذة على معرفة اعتبارات النقطة بطرق متنوعة في الهندسة المحضة وتطبيقاتها

ولاجل سهولة علم الهندسة نكلم اولاً على الخطوط ثم على السطوح ثم على الاجسام التي تسمى مجوما بالنظر الفراغ الذي تشغله وصلبة اذا كان لهما اشكال يمكنها البقاء عليها بنفسها اعني ان لا تكون مطروقة في ظروف اوبين حواف حائرة مثل النيذ في القزاز والماء في هجري الانهار والبرك والبحار



وغير ذلك

ويفرض في علم الهندسة ان جميع الاجسام صلبة اى جسمة اوان اشكالها منضبطة التغير داخله تحت قاعدة او عدة ممارسة المهندس لها واسهل سائر الخطوط واكثرها استعمالا فى الفنون هو الخط المستقيم وهو الذى يقطعه الانسان فى اقرب زمن عند اتساعه اتجاهها واحدا لانه اقصر بعد بين نقطتين

وكما انه لا يوجد بين نقطتين طريقان مستقيمان كل واحد منهما اقرب بعد من احدى النقطتين المذكورتين الى الاخرى لا يمكن كذلك رسم خطين مستقيمين بين نقطتين معلومتين فحينئذ لو فرض ان خطين مستقيمين اتصالهما بين النقطتين لا يتحد معا وصارا خطا واحدا فاذا فرض ان هذين الخطين المستقيمين رسما على جسمين وانطبقا نقطتان من الخط الاول على نقطتين من الخط الثانى فانه عند انطباق هذين الخطين على بعضهما يتحدان معا ويصيران خطا واحدا وتستعمل خاصة هذا الخط المستقيم فى الصناعة على حالتين

اولاهما لاجل الوقوف على صحة خط مرسوم بواسطة خط اخر معلوم الاستقامة يكفى انطباق الثانى على الاول فى نقطتين وينظر هل يطابقه فى جميع نقطه ام لا فاذا لم يطابقه يكون الخط المعلوم غير مستقيم وعلى ذلك يلزم تصحيحه تانيهما لاجل رسم الخطوط المستقيمة نستعمل لرسمها اجساما لها ضلع او عدة اضلاع مستقيمة كالمساطر والقلايات

ولذلك نضع المسطرة والقلاية على السطح الذى ينطبق فيه الخط المستقيم المصنوع بالمسطرة والقلاية انطباقا كاملا فى جميع نقطه لانه لا يمكن بدون ذلك رسم خط مستقيم على اى سطح كان ثم نرسم بقلم رصاص او منقاش او اى آلة سواء كان طرفها محمدا او قاطعا خطا يمس بالمسطرة والقلاية فهذا يصير الخط المرسوم مستقيما

وهذا هو سبب كون قطاع القزاز يقطع على هيئة خط مستقيم بمسطرته وقلمه المنتهى بقطعة من الالماس الواح القزاز المربعة التى يريد وضعها

وينبغي

وينبغي للانسان اذا اراد رسم خط بين نقطتين مفروضتين ان يضع المسطرة  
بالساوى على هاتين النقطتين بحيث تكون قريبة بحسب ما يقتضيه  
سبك القلم الرصاص او المنقاش الذى يرسم به ثم يجعل المسطرة ثابتة مدة الرسم  
بحيث يكون القلم الرصاص او المنقاش مماسا دائما للمسطرة

وعند ابتداء التلامذة فى رسم الاشكال الهندسية يلزمهم الانتباه والزمن ليرسموا  
خطا مستقيما مع غاية التدقيق ويكون ذلك بواسطة القلم الرصاص لانه يحدث  
عندهم وقت الرسم بالحبر صعوبة اكثر من الطريقة الاولى حيث انهم يجعلون  
للخطوط التى يرسمونها عرضا صغيرا فاذا كان هذا العرض كبيرا نتج منه  
اتلاف الرسم وبالجمله فيلزم تمرين هؤلاء التلامذة على كونهم لا يعطون  
للخطوط التى يرسمونها الا سمكا ضروريا لتكون مشاهدة

ولنشرح الان عرض الخطوط الجارية فى الفنون ونبتدأ اولاً بالتكلم على  
الخط المستقيم كما بدأنا بالكلام على النقطة فقول  
قد عرف المهندسون ان هذا الخط له طول فقط دون عرض وعمق وفى الواقع  
ان كل الخطوط المستعملة فى الفنون لها عرض ومن جعلها الخطوط التى  
يرسمها المهندسون

ويطلق اسم الخط فى الصناعة قالبا على تجويفات او نقوش ضيقة قليلة العمق  
وكثيرة الطول بحيث تقرب من الخط الذى يتصوره المهندسون كخطوط  
الاستحكامات الخفيفة التى يحيط المحاصرون والمحاصرون محلا  
والخط عند ارباب الكتابة والطباعة القرنساوى يطلق على السطر فهو تسلسل  
كلمات متجمعة وموضوعة كلها على استقامة واحدة وسمكه يساوى ارتفاع  
الحروف وهو صغير جدا بالنسبة لطول هذا الخط

وهو عند الحباله حبل قليل السمك بالنسبة لطوله فيلزم جعل هذا الخط  
او الحبل من جله آلات الهندسة العملية المستعملة فى الفنون ويكون للحبل  
المشدود الطرفين صورة مستقيم بقطع النظر عن نقله مثلا اذا كان الحبل  
المشدود من طرفيه موضوعا على السطح الذى يراد عليه رسم خط مستقيم

فانه يلون بشئ ابيض او احمر او غير ذلك ثم يشد ويرخي فبارتخاته يرسم على السطح الخط المستقيم المطلوب

ولننبه الطالب ايضا على خواص الخط المستقيم كما نبهناه على خواص النقطة بان يميز الخطوط الوهمية الهندسية والخطوط العملية وسيرى في احوال كثيرة ان تقدمات الفنون تقرب شأفاً في عمليات الصناعة من ذلك التصور الهندسي الذي ينبغي للتلامذة معرفة طبيعته وخواصه ولكن يلزم ان يعطى لهم قبل الوصول الى ذلك صورة السطح الذي يرسم بخط مستقيم وهو السطح المستوي المسمى ايضا المستوي فقط فنقول

اذا وضع في جهة ما خط مستقيم على سطح مستو وكانت نقطتا الخط المستقيم متحدتين مع المستوى فجميع نقط هذا الخط تكون متحدة ايضا مع السطح ويستعمل المستوى في الفنون لصناعة الخط المستقيم وكذلك يستعمل الخط المستقيم لصناعة المستوى وسيظهر لك ذلك تفصيلا عند ذكر السطوح خصوصا (راجع الدرس السادس)

واغلب الرسوم الضرورية للفنون والحرف يرسم على مستو مجهر قبل ذلك وقد يستعمل في الرسوم الصغيرة ورق او عاج وفي الرسوم الجسيمة يجهرزون لها غالباً لوحة متسعة كما ان مهندس السفن يمدون لوحا كبيرا على قدر طول اسفل المركب وهو المسمى بالارنيك واما التجارون وقطاع الخشب فانهم يصنعون رسمهم على سطح حائط مستو واما المهندسون فانهم يرسمون اشكال القناطر على سطوح افقية من الجص ولا يتحققون صحة الرسم الا اذا كان السطح المستوي صحيح الاستواء بحيث ان الخط المستقيم الموضوع عليه يتقدمه في جميع نقطه ..

\*(بيان اقيسة الطول)\*

قد يستعمل الخط المستقيم الذي هو اقصر بعد من نقطة الى نقطة ثانية لقياس المسافة القصيرة المنحصرة بين نقطتين ويستعمل هذا الخط ايضا لقياس الابعاد الاعتيادية للاجسام وبهذه

الطريقة يقيسون إبعاد كتلة خشب اويدت اوسفينة اوغير ذلك  
ولاجل مقابلة هذه الاقيسة المتنوعة ببعضها يلزم ان نأخذ منها واحدا ونجعل  
احاد قياس لها وننظر كيف يتكرر هذا الاحاد في الشيء المراد قياسه فاذا كان  
يتكرر فيه ١ او ٢ او ٣ و ٤ و ٥ مع الصحة فلا صعوبة في العملية وليس  
كذلك فيما اذا بقي من الخط المقاس جزء يكون اقل من الطول المأخوذ احادا  
حينئذ يؤخذ هذا الاحاد ويقسم الى اجزاء متساوية مثل ١٠ و ١٠٠  
و ١٠٠٠ ثم تبحث عما يحتوى عليه الخط المستقيم المعد للقياس من  
العشرات او المئين والالوف من احاد القياس

### \* (بيان المقياس) \*

المقياس خط مستقيم مثل أ ب شكل (١) موضوع عليه عدة  
احاد القياس وتقسيمات هذه الاحاد وقد تفيدنا الهندسة العملية طريقة  
استعمال هذه المقاييس ورسمها بغاية الضبط وهي من العمليات المهمة  
في اشغال الصناعة التي ينتج منها النجاح لضبط القياس (راجع الدرس  
الخامس)

ومن الضروري لارباب الفنون ان يكونوا محترسين على خط مستقيم منقسم  
على حسب القياس المقبول عند كافة الناس كالاقيسة القديمة مثل القدم  
والهنداسة والحديدية كالتر المتجزء على مسطرة

وقد تشتري الصناعات غالبا آلات ومقاييس غير مضبوطة التقسيم وقريبة  
الخلل فمن يحس مراعاة للوفر الذي في غير محله فمن المستحسن للصناعات  
ان يشتروا دعا المقاييس والآلات العظيمة المضبوطة من كل جنس لان  
القوائد التي تعود على اشغالهم من حسن الآلات تعوض عليهم المصرف  
الذي بذلوه في ثمنها وستتكم في كثير من المواضع على حقيقة ذلك  
ويجب علينا بعد اعتبار الخط المستقيم منفردا ان نعتبر عدة خطوط مستقيمة  
بالنظر لاوزاعها فنقول

اذا فرضنا ان مستقيم أ ب س (شكل ٢٧) يدور حول نقطة أ

الثابتة ويأخذ على التوالي اوضاع ا ث اد اه الخ ففي هذه  
الحركة يبعد الخط المذكور شيئا فشيئا من وضعه الاصل وهو ا ب س  
ويسمون بالزاوية اقتراج ب ا ث او ب اد او ب اه من خط  
الى آخر نقطة ا التي يمتد منها خطا ا ب و ا ث تسمى راس  
الزاوية وخطا ا ب و ا ث هما ضلعا الزاوية ويسمون في بعض  
الافاق الزاوية الواقعة بين ضلعي ا ب و ا ث زاوية ا فقط  
وفي الغالب يقولون بزاوية ب ا ث بشرط ان يكون حرف ا  
الذي هو راس الزاوية بين حرفي ب و ث الموجودين في ضلعيها  
وحين يدور خط ا ث (شكل ٢) حول راس ا يصل الى وضع ا م  
المقابل لخط ا ب فاذا استمر على الدوران فانه يقرب من ا ب من  
الجهة المذمومة الى ان يعود ثانيا على ا ب بعد ان يدور دورة كاملة  
ومن المعلوم ان مستقيم ا س دار في وضع ا م نصف دورة من ا ب  
وبالجملة اذا اتى الجزء الاعلى من شكل ب ا م على جرفته الاسفل  
فان الاول ينطبق على الثاني انطباقا كاملا

وفي الحركات العسكرية بعد اصطفا ف العساكر اعنى وضعها على خط مستقيم  
وتوجهها الى جهة فينتاج في الغالب اتجاهاها الى الجهة المقابلة للاولى فحين  
يصدر النداء بعمل نصف دورة الى الجهة اليمنى ففي وقتها يدور كل واحد من  
العساكر على احد كعبيه المشار اليه بحرف ا (شكل ٣) ولكيلا  
يحصل خلل في هذه الحركة يضع العسكري القدم الاخر المبر عنه بحرف  
ب خلف الاول (شكل ٤) ويدور حينئذ على كعبيه دورة كاملة  
ويكمل كل واحد من هذين القدمين نصف دورة (شكل ٥) ويصير  
القدم الذي كان جهة الخلف الى جهة الامام ويصير على الصف الاول  
(شكل ٦) فاذا دار العسكري ثانيا نصف دورة فانه يجد نفسه في اتجاهاه

الاصلي وتكمل دورته حينئذ

واذا اعتبرنا الزاويتين الحاصلتين من مستقيمي  $\overline{ا\theta}$  و  $\overline{د\alpha}$  كما في (شكل ٧) وجدنا احدهما وهي  $\overline{ب\alpha}$  صغيرة والثانية وهي  $\overline{د\theta}$  كبيرة ومجموعهما يساوي نصف دورة من دوران خط  $\overline{ا\theta}$  من ابتدا  $\overline{ا\beta}$  الى  $\overline{ا\delta}$  واذا تـكون زاوية  $\overline{ب\alpha}$  هي التي تنقص من زاوية  $\overline{د\alpha}$  لتـكون نصف دورة كاملة وكذلك زاوية  $\overline{د\theta}$  هي الناقصة من زاوية  $\overline{ب\alpha}$  لتـحدث نصف دورة كاملة فلذا يقال ان زاوية  $\overline{ب\alpha}$  هي المتمة لزاوية  $\overline{د\alpha}$  وكذلك زاوية  $\overline{د\theta}$  هي المتمة لزاوية  $\overline{ب\alpha}$

واذا فرضنا ان زاوية  $\overline{ب\alpha}$  تريد لكون خط  $\overline{ا\theta}$  يبعد عن خط  $\overline{ا\beta}$  فان زاوية  $\overline{د\alpha}$  المتمة تنقص ويأتى وقت تزداد فيه زاوية  $\overline{ب\alpha}$  وتنقص فيه زاوية  $\overline{د\alpha}$  الكبيرة حتى يصير الراويتان متساويتين (شكل ٨) وكل من هاتين الراويتين المتساويتين تسمى زاوية قائمة فاذا تـكون الزاوية القائمة نصف دورة من الدوران الكامل اعنى ربع دورة ثم ان زاوية  $\overline{ب\alpha}$  القائمة او  $\overline{د\alpha}$  (شكل ٨) اربع الدورات هي الزاوية التي يحتاج الى احداثها اوقياسها في جميع الاوقات لاجراء جلة عظيمة من اشغال الفنون

ويستعملون غالباً في الحركات العسكرية ربع الدرة الذي يسمى ربع قلبية ومتى لزم انقلاب البلول المصطف على اتجاه  $\overline{ا\beta}$  (شكل ٨) من هذا الوضع الى وضع  $\overline{ا\theta}$  العمودى فانه يدور وينقلب حول نقطة  $\alpha$  ويحدث دورة واقلابا تاما حتى يرجع الى وضعه الاول اذا دار دائماً الى جهة واحدة

ولا يحدث الأربع دورة لكي يصل الى الوضع الاول العمودى ويحددون جهة هذه الحركة بان يأمر وبالذوران الى الجهة اليمنى او اليسرى

واذا فرضنا حيثئذ خطين آخرين مستقيمين كخطي م و ن و ول (شكل ٩) و (١٠) اللذين وجدناهما وضع ول حيث ان زاويتي ن و ول و م و ول متساويتان اقول ان هاتين الزاويتين يصيران مساويتين للزاويتين الاوليتين وهما ب و ا و ث و د (شكل ٨) اللتان اطلق عليهما فيما سبق اسم الزاويتين القائمتين

ولبيان ذلك نضع مستقيما د و ا (شكل ٨) على خط م و ن (شكل ٩) بحيث يتحدان في جميع نقطتهما كاتحاد الخطين المستقيمين وتقع نقطة ا على نقطة و فحيثئذ ينبغي ان ضلع ا يقع بالجهة والضبط على ضلع ول واذا قدرنا خط ا (شكل ٩) وضعنا آخره وكان واقعا على يسار ول فمن المعلوم ان زاويتي ث و ا و ب و ا اكونهما متساويتين لا يمكن ان تكون زاوية م و ول الزائدة بزاوية ث و ول عن الاولى وزاوية ن و ول الناقصة عن الثانية بنفس زاوية ث و ول منه او يتبين بخلاف ما اذا وقع خط ا (شكل ١٠) على يمين ول فان زاويتي ب و ا و د و ا حيث انهما متساويتان فلا يمكن ان تكون زاوية م و ول التي هي اصغر من زاوية د و ا مساوية لزاوية م و ول التي هي اكبر من زاوية ب و ا فبنا على ذلك لا يمكن وقوع خط ا على يمين ول ولا على يساره

بل يقع بالتدقيق عليه كلية فالزوايا القائمة المتألفة من جهة من مستقيمي  
ا ب د ومن جهة اخرى من مستقيمي و ل و م ن  
 المتغيرين تكون كلها متساوية دائما

وهذه هي القاعدة الاولى التي ينبنى عليها استعمال المسطرة المثلثية وهذه  
 المسطرة مركبة من مسطرتين قائمتين مثل ا ب و ا ت (شكل ١١)  
 الثابتتين في نقطة ا بحيث يتركب منهما زاوية قائمة فاذا اردنا ان نرسم من

نقطة و (شكل ١٢) خط و ل بان يجعل بينه وبين خط م و ن  
 زاويتين قائمتين فنضع ضلع ا ت من المسطرة على طول خط و ن بشرط  
 ان نقطة ا تقرب بقدر الامكان من نقطة و ثم نرسم مستقيما و ل  
 بالطرق الاعتيادية فيكون هو الخط المطلوب

فاذا استعمل ارباب الصنائع مسطرة غير كاملة الضبط فان جميع عملياتهم  
 تكون عرضة للخلل فبناء على ذلك يجب عليهم غاية الاهتمام بضبط المسطرة  
 المثلثية التي يستعملونها في اشغالهم وبالجمله فلا شيء اسهل من ذلك  
 \* (امتحان صحة المسطرة المثلثية) \*

لاجل ضبط مسطرة ب ا ت (شكل ١١) نبتدى بان نرسم مع  
 الضبط مستقيما م و ن (شكل ١٣) على سطح مستو ثم نضع ضلع  
ا ت باقرب ما يكون على طول و ن ونرسم خط و ل على طول  
ا ب وبعد ذلك نقلب المسطرة المذكورة ونضعها على ب ا ت مع  
 وضعنا ا ت على طول و م ونظرا ما يكون اتجاه الضلع الثاني وهو ا ب  
 اقولا اذا وقع على خط و ل المرسوم كانت المسطرة مضبوطة ثانيا اذا  
 لم يقع الضلع الثاني على و ل كانت غير مضبوطة وتكون الزاوية



الناجمة عنها صغيرة جدا ثالثا اذا تجاوز الضلع الثاني خط ول فهي غير مضبوطة ايضا وتكون الزاوية الحادثة منها كبيرة وسترى الطرق التي يمكن ارباب الصنائع استعمالها لضبط المسطرة التي ليست مضبوطة

ثم ان تجارى الترسانة يسعون بالمسطرة المتحركة آلة صورتها س ص ر (شكل ١٤) يسهل بها اخذ قياس جميع الزوايا ونقلها وهذه الآلة مركبة من مسطرتين يدوران على مدار واحد لا يخرج ان عنه بحيث يمكن بواسطتها تكوين جميع الزوايا الكبيرة والصغيرة

وقد عرفت في انضمام هاتين المسطرتين لكيلا تدور احدهما على الاخرى من غير ان يحصل لهما بعض الاحتكاك وان يحفظ موضعهما الاصلى متى امكن فتح الزاوية التي يصنعانها او نقلها مع السهولة ويرى على حقيقى ما ذكرناه يسهل نقل زاوية ما كزاوية ب ا ث (شكل ١٤) من ابتدا نقطة و (شكل ١٥) بان يؤخذ ضلع ول من زاوية ل و ن الجديدة التي يلزم ان تساوى زاوية ب ا ث

وتحجر المسطرة المتحركة بحيث ان ضلعي س ص و ص ر يتبعان استقامتى ا ب و ا ب (شكل ١٤) ثم تنقل تلك المسطرة على (شكل ١٥) بشرط ان لا يحصل تغير للزاوية المصنوعة ونضع س ص على ول فينتهز ادارتها بقلم رصاص او منقاش وحبل خطا مستقيما مثل خط وم على امتداد ضلع ص ر تصير زاوية م و ل مساوية لزاوية ب ا ث

(بيان تطبيق الاجسام على بعضها) \*

ويجب التنبيه على الطريقة التي نستعملها هنا لتركيب الزوايا ولتحقيق  
 تساويها بان نضع المسطرة المثلثية على الاشكال ونضع الاشكال على بعضها  
 ونستعمل هذه الطريقة في عدة من عمليات الصناعة وبجدة من البراهين  
 الهندسية فنتقول انه متى وضع شكل على آخر وانطبقا انطباقا كليا في جميع  
 ابعادهما كانا متحدى الصورة والقدر ويكونان متساويين بالكلية ويحدث  
 منهما شكل مساو لشكل آخر على هذا الوجه فلذا يضع الخياطون ونحوهم  
 الارانيك على الاقنعة التي يريدون تفصيلها مع غاية الصحة بحسب محيط هذه  
 الارانيك التي على هيئة الاشكال اللازم تصورها او وضعها

ومتى حدث من خط  $\overline{ا\theta}$  (شكل ١٦) وخط  $\overline{د ا ب}$  زاويتان  
 قائمتان كزاويتي  $\overline{ب ا \theta}$  و  $\overline{\theta ا د}$  كان خط  $\overline{ا\theta}$  عمودا على  
 خط  $\overline{د ا ب}$  فبناء على ذلك تنزل عمود  $\overline{ا\theta}$  على مستقيم  $\overline{د ا ب}$   
 بوضع ضلع  $\overline{ص ز}$  من المسطرة المثلثية التي هي  $\overline{س ص ز}$  على  
 استقامة  $\overline{ا ب}$  ونرسم مستقيم  $\overline{ا\theta}$  على استقامة ضلع  $\overline{س ص}$   
 ونشرح طرفا لرسم الخطوط العمودية فتقول

انما اذا ثبتنا شكل ١٧ الى اثنين بشرط ان يكون مستقيم  $\overline{ا ب}$   
 هو فاصل الثني اى الحد المشتركين الاثنين فحيث ان زاويتي  $\overline{ا ب ل}$   
 و  $\overline{ا ب \theta}$  متساويتان نضع مستقيم  $\overline{ب\theta}$  على  $\overline{ب د}$  فاذن تطبق  
 زاوية  $\overline{\theta ب ه}$  على زاوية  $\overline{د ب ه}$  مع الضبط فتكون هاتان  
 الزاويتان الاخيرتان متساويتين كالزاويتين الاوليين وحينئذ متى تقاطع  
 خطان مستقيمان وكان من جهة الزوايا المتألفة من تقاطعهما زاوية قائمة فان  
 الثلاثة الاخر تكون قائمة كذلك وبناء على ذلك يكون كل من جزئي  
 $\overline{ا ب}$  و  $\overline{ب ه}$  الذي هو احد الخطوط المستقيمة عمودا على الآخر

ومن المقيدان نبرهن انه لا يمكن ان تنزل من نقطة  $\overline{ب}$  (شكل ١٨) الا  
بعمود  $\overline{ب أ}$  على مستقيم  $\overline{د ا ث}$  المفروض  
ولا ثبات ذلك تفرض انه يمكن مد عمودى  $\overline{ب أ}$  و  $\overline{ب د}$  من نقطة  
 $\overline{ب}$  على نفس هذا المستقيم الذى هو  $\overline{د ا ث}$  ونجد  $\overline{ب ا}$  بشرط ان  
يكون خط  $\overline{ا ر}$  مساويا لخط  $\overline{ا ب}$  ثم نصل مستقيم  $\overline{د ر}$   
ونثنى جزء  $\overline{د ا ث}$  جميعه على  $\overline{د ا ث}$  بحيث ان زاويتي  
 $\overline{ا ث ر}$  و  $\overline{ب ا ث}$  متساويتان فيكون خط  $\overline{ا ر}$  موضوعا على  $\overline{ا ب}$   
ونقطة  $\overline{ر}$  على نقطة  $\overline{ب}$  ويكون خط  $\overline{د ر}$  موضوعا على  $\overline{د ب}$   
واذن زاوية  $\overline{ا د ر}$  تكون مساوية لزاوية  $\overline{ا د ب}$  القائمة فيكون  
خط  $\overline{د ر}$  على ذلك جزأ من عمود  $\overline{د ب}$  فينتج من هذا انه يمكن رسم  
خطين مستقيمين مثل  $\overline{ا ب}$  و  $\overline{د ب}$  بين نقطتي  $\overline{ا}$   
و  $\overline{ب}$  وهذا مستحيل

ويجيب هذه المقدمات مذكورة في شأن الزوايا القائمة فنتكلم الان على الزوايا  
المائلة فنقول

اذا تركب من مستقيمي  $\overline{ا د}$  و  $\overline{ا ب}$  (شكل ١٩) زاويتان  
متباينتان تكون احدهما اصغر من قائمة  $\overline{ا ث ه}$  والاخرى اكبر منها  
فالصغرى تسمى زاوية حادة وتسمى الكبرى زاوية منفرجة  
فمن المعلوم ان هاتين الزاويتين يشغلان المسافة التي حول نقطة  $\overline{ا}$  جهة  
ضلع  $\overline{ا ب}$  كما ان قائمة  $\overline{ا ث ه}$  و  $\overline{ا د ه}$  يشغلانها فيكون حينئذ  
بمجموع حادة  $\overline{ب ا د}$  ومنفرجة  $\overline{ا د ه}$  مساويا لزاويتين قائمتين  
وذلك انك تجد بالسهولة ان حادة  $\overline{ب ا د}$  تساوى زاوية قائمة ناقص

د ه وان منفرجة ا د تساوى زاوية قائمة زائد د ه  
فان يكون مجموعهما مساويا زاويتين قائمتين

وانفرض الآن اننا نمد خط د ه الى ث ف وتقابل زاويتي

ا ث ف و ب ث ف بالزاويتين الاوليين

فينتج اننا اولا ان زاويتي ا د و ب د الناتجتين من خط

د ه و خط ا ب المستقيم يساويان زاويتين قائمتين وبناء على ذلك تكون

زاوية ب د مساوية لزاويتين قائمتين ناقص ا د ثانيا ان

زاوية ا د وزاوية ا ث ف الحادتين من خط ا ث

الواقع على خط ا ث ف يساويان زاويتين قائمتين فتكون زاوية

ا ث ف مساوية لزاويتين قائمتين ناقص ا د وينتج من ذلك

ابض ان كلا من زاويتي ب د و ا ث ف تكون مساوية

لزاويتين قائمتين ناقص ا د ونثبت بمثل ذلك مساواة زاويتي ا د

و ب ث ف المتقابلتين في الرأس كالزاويتين الاوليين

وحينئذ اذا تقاطع خطان مستقيمان فانه يحدث منهما اربع زوايا فيكون

اولا مجموع الزاويتين المتجاورتين مساويا لزاويتين قائمتين ثانيا الزوايا

المتقابلة في الرأس متساوية

ويمكن الاتيان بالمقابلة بين الاعددة والخطوط المائلة فنقول

اننا اذا وصلنا من نقطة ما كنقطة د (شكل ٢٠) خطا مستقيما مثل

د ه الى مستقيم ا ب وكانت زاويتا ا د ه و د ه ث غير قائمتين

فيكون خط د ه ليس عمودا على خط ا ب بل يكون مائلا عليه وزيادة

على ذلك اذا وصلنا خط د ه عمودا على خط ا ب فان الزاوية الاخيرة

من زوايا  $\overline{ا ه د}$  و  $\overline{ب ه د}$  المقابلة لخط  $\overline{د ث}$  تكون سادة  
والاخرى منفرجة

فالان اذا طولنا خط  $\overline{د ث}$  الى نقطة  $\overline{ز}$  بشرط ان يكون خط  $\overline{ث د}$   
مساويا لخط  $\overline{ث ز}$  ورسمنا ايضا خط  $\overline{ه د}$  المستقيم ثم ثلينا الجزء الاسفل  
من الشكل بتدويره كدور على  $\overline{ا ب}$  نقط  $\overline{ث ز}$  يقع على  $\overline{ث د}$   
ونقطة  $\overline{ز}$  تقع على نقطة  $\overline{د}$  وحيث ان زاوية  $\overline{ب ث د}$  و  $\overline{ب ث ز}$   
متساويتان فاذن  $\overline{ه د}$  يساوي  $\overline{د ه}$  وزيادة على ذلك يكون خط  $\overline{د ه د}$   
المنكسر اطول من خط  $\overline{د ث ز}$  المستقيم المرسوم بين طرفي  $\overline{د ز}$   
حيث يثبذ يكون نصف  $\overline{د ه د}$  الذي هو مائل  $\overline{د ه}$  اطول من نصف  
 $\overline{د ث ز}$  وهو عود  $\overline{د ث}$

فهذه هي الخاصية العامة لمستقيم  $\overline{د ث}$  (شكل ٢٠) العمودي  
على مستقيم آخر مستقيم  $\overline{ا ب}$  وهو انه يكون اقصر من كل خط مائل  
مرسوم من نقطة  $\overline{د}$  وهي نهاية العمود الواقع على هذا المستقيم الذي  
هو  $\overline{ا ب}$  ولما كان خطا  $\overline{د ث}$  و  $\overline{د ه}$  يقسمان الابعاد التي بين  
نقطة  $\overline{د}$  ومستقيم  $\overline{ا ب}$  نشأ عن ذلك انه لا اجل الانتقال من نقطة  
الى خط مستقيم يكون اقصر بعدد هو العمود النازل من هذه النقطة على  
ذلك المستقيم  
وهذه هي احدى الخواص الشهيرة النافعة لتطبيق اصول الهندسة على  
القنون

وكثيرا ما يحتاج الانسان الى البحث عن استخراج المسافات الصغيرة والسطوح  
القليلة الامتداد والجحوم الصغيرة بشروط معلومة لكن قل ان يسهل عليك  
استخراجها وحيث ان مسائل هذا الترتيب ينبنى عليها اختصار عمليات

الصناعة وجب علينا ان نشتغل بها كثيرا ونبذل كل الجهد في اظهار سرها  
فنتقول

لفرض الان (شكل ٢١) اننا انزلنا خط  $\overline{د ب}$  عمودا على  $\overline{ا ث}$   
فينتج من ذلك ان  $\overline{ب ا}$  يساوي  $\overline{ب ث}$  فنتقول ان الخطين المائلين  
النسازين من نقطة  $\overline{د}$  الى نقطة  $\overline{ا}$  ومن نقطة  $\overline{د}$  الى نقطة  $\overline{ث}$   
يكونان متساويين وذلك اننا اذا قسمنا جزء  $\overline{ب د ث}$  على جزء  $\overline{ب د ا}$   
واعتبرنا عمود  $\overline{ب د}$  لولنا ان زاويتي  $\overline{ا ب د}$  و  $\overline{ث ب د}$   
القائمتين متساويتان فان خط  $\overline{ب ث}$  يقع على خط  $\overline{ب ا}$  وتقع  
نقطة  $\overline{ث}$  على نقطة  $\overline{ا}$  فاذن يكون خط  $\overline{د ث}$  مساويا لخط  $\overline{د ا}$   
وبناء على ذلك  $\overline{كل}$  خطين مائلين على بعد واحد من العمود يكونان  
متساويين

(عملية تصحيح الخطوط العمودية)\*

كان الرسامون والنجارون وقطاعو الخشب وصناعو الارانيك وغيرهم  
يستخدمون هذه الخاصية بكثرة متى ارادوا امتحان عمودية خط على آخر هل هي  
صحيحة او لا بدون استعمال المسطرة المائتية فكلوا يقيسون مع الضبط طول

$\overline{ب ا}$  و  $\overline{ب ث}$  المتساويين بالا ابتداء من خط  $\overline{ب د}$  الذي  
يريدون تحقيق وضعه ثم يقيسون ايضا بمسطرة او باي آلة بعد تقطعي  $\overline{ا و د}$   
وهو طول خط  $\overline{ا د}$  المائل ويضعون هذا الطول على خط  $\overline{د ث}$   
بالانتقال من نقطة  $\overline{د}$  فان انطبق بالكلية على نقطة  $\overline{ث}$  فان خطي  
 $\overline{ا د}$  و  $\overline{د ث}$  المائلين يكونان متساويين ويكون  $\overline{ب د}$  عمودا على  
خط  $\overline{ا ث}$

ومتى اريد تحقيق وضع عمودية خط  $\overline{ب د}$  على خط  $\overline{ا ب ث}$  فانه لا ينبغي

ان تجعل خط د أ المائل قريباً كثيراً من ذلك العمود لانه لو قرب كثيراً من نقطة ب لكان الخلل المحسوس في وضع هذا العمود لا ينشأ عنه خلل الاثنى يسير في طول خط د ر المائل ويصير العمل معرضة للخلل وكذلك يتولد الخلل من وضع الخطوط المائلة بعيدة كثيراً عن العمود وخير الاوضاع ما يقرب من الاوضاع التي تكون فيها خطوط

أ ب و ب ث و ب د متساوية

فبمثل هذه الاحتراسات التي يعمل بها هذا الغرض في كل حالة بخصوصها يمكن ارباب الصنائع ان يعطوا الرسومهم وعماراتهم وآلاتهم درجة الضبط اللازمة للصناعة الكاملة

ولا يكفي البرهنة على ان الخطوط المائلة اطول من الخطوط العمودية وانما يلزم البرهنة الجيدة على ان الخطوط المائلة تكون كثيرة الطول كلما بعدت عن الخط العمودي

وبيان ذلك ان نقول (شكل ٢٢) انه اذا كان خط ود عمودا على خط وب كان اقصر خطي د ث و د ب المائلين هو اقصرهما من العمود لانتسا اذا رسمنا خط ش ك عمودا على د ث نتج بهذا السبب ان د ث اقصر من د ك ومن باب اولي اقصر من د ب

وستقف على حقيقة هذه الخاصية في ميكانيكة العمليات الية فاذا فرضنا قرب جسم ب (شكل ٢٣) من أ ب العمودي على ب م وفرضنا كذلك ارتباط هذا الجسم بجسمي ب أ و ب ث ثم جذبنا الاول من نقطة أ والثاني من نقطة ث لاجل تنقيص المسافتين الحاصلتين بين هاتين النقطتين والجسم فيلزم ان الجسم يتقدم شيأ فشيأ بشرط ان يشأ عنه عدة خطوط مثل أ ب ثم أ ب و ب ث ثم ب ث الخ الاخذة

في الميل شيئاً فشيئاً وهي التي تصير بهذا السبب قصيرة جداً وبالعكس إذا اردنا  
ابعاد جسم  $\overline{ب}$  عن  $\overline{ا}$  فاتناستعمل قضباناً غير لينية من الحديد  
او الخشب لتحركة الى السير من نقطتي  $\overline{ث}$  و  $\overline{ا}$  ونضع هذه القضبان  
وضعا يزيد في الميل شيئاً فشيئاً وكذلك نجعل لها طولاً كبيراً اما بين نقطتي  $\overline{ب}$   
و  $\overline{ا}$  او بين  $\overline{ب}$  و  $\overline{ث}$

\*(الدرس الثاني)\*

في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية والمائلة  
يكون الخطان المستقيمان متوازيين اذا لم يلاقيا عند امتدادهما من الجهتين  
مهما امكن

فعلى ذلك يمكن ان نرسم من نقطة  $\overline{ا}$  (شكل ١ وشكل ٢) مستقيماً مثل  
 $\overline{ا ب}$  الذي اذا امتد من طرفيه لا يلاقى خطاً آخر مستقيماً كخط  $\overline{ا ث}$   
فحينئذ يكون موازياً له وبالجمله لا يمكن ان تمتد من نقطة  $\overline{ا}$  الا خطاً واحداً  
موازياً لخط آخر

ولاجل ايجاد خط  $\overline{ا ب}$  يلزم ان نرسم من نقطة  $\overline{ا}$  خط  $\overline{ا ث}$  عموداً  
على خط  $\overline{ا د}$  ثم نرسم كذلك  $\overline{ا ب}$  عموداً على  $\overline{ا ث}$  فيصير  
حينئذ خط  $\overline{ا ب}$  موازياً لخط  $\overline{ا د}$  وذلك لانه اذا اتلاقى خطا  $\overline{ا ب}$   
و  $\overline{ا ث}$  في نقطة واحدة امكن تنزيل عمودين من تلك النقطة المفروضة على  
خط  $\overline{ا ث}$  المستقيم وهذا غير ممكن \*(كافي الدرس الاول)\*

ولنبرهن الآن على ان كل خط مثل  $\overline{ا ه}$  يقطع  $\overline{ا د}$  فنقول  
مهما كانت زاوية  $\overline{ب ا ه}$  صغيرة فانه يجب علينا عند تدوير  $\overline{ا ه}$   
حول نقطة  $\overline{ا}$  لبعده عن  $\overline{ا ب}$  ان نكرر زاوية  $\overline{ب ا ه}$  مراراً  
عديدة لكي تملأ المسافة المنحصرة في ربع دور  $\overline{ب ا ث}$  ولكن اذا اخذنا



عدة تقط بقدر ما يمكن مثل  $\overline{\text{و}} \overline{\text{ث}} \overline{\text{و}} \overline{\text{ث}}$  الخ المتباعدة عن بعضها  
 بمسافة مساوية لمسافة  $\overline{\text{ث}}$  ثم اقنا اعمدة  $\overline{\text{و}} \overline{\text{و}} \overline{\text{و}} \overline{\text{و}}$   
 $\overline{\text{و}} \overline{\text{و}} \overline{\text{و}} \overline{\text{و}}$  الخ فتقسم هذه الأعمدة بعد  $\overline{\text{و}} \overline{\text{و}} \overline{\text{و}} \overline{\text{و}}$   
 مسافات متوازية مسطحها كسطح  $\overline{\text{ا ب ث د}}$  فيثبت يمكن رسم مسافات  
 كثيرة العدد بقدر ما يوجب من الزوايا الصغيرة مثل  $\overline{\text{ا ه}}$  و  $\overline{\text{ا ه}}$  و  $\overline{\text{ا ه}}$   
 $\overline{\text{و}} \overline{\text{ا ه}}$  الخ في زاوية  $\overline{\text{ا ب ث}}$  القائمة فادن تكون المسافة  
 المشغولة بمسافة  $\overline{\text{ا ث د}}$  الخ اصغر من المسافة المنحصرة في زاوية  
 $\overline{\text{ا ه}}$  ولو بلغت هذه الزاوية في الصغر ما بلغت وهذا السبب يقطع خط  $\overline{\text{ا ه}}$   
 المستقيم الممتد خط  $\overline{\text{ث د}}$  وبدون ذلك يلزم ان تكون مسافة  $\overline{\text{ا ه}}$   
 التي هي جزء من  $\overline{\text{ا ث د}}$  اكبر من مسافة  $\overline{\text{ا ب ث د}}$  وهذا  
 غير ممكن

ومن هنا ينتج انه اذا كان مستقيمان مثل مستقيمي  $\overline{\text{ا ب}}$  و  $\overline{\text{ث د}}$   
 متوازيين وكان احدهما عمودا على خط آخر ثالث مثل  $\overline{\text{ا ث}}$  كان الاخر  
 عمودا على هذا الخط الثالث  
 ويستعملون في فن الرسم ورسوم التجارة هذه الخاصية الموجودة في المتوازيات  
 فيصنعون آلة تسمى قاء لانها مركبة من جزئي  $\overline{\text{م ن}}$  و  $\overline{\text{و ح}}$  (شكل ٣)  
 المتجمعين على شكل حرف التاء الفرنسية ويضعون فرع  $\overline{\text{م ن}}$  كثيف  
 السمك والبارز من اسفل على امتداد  $\overline{\text{ا د}}$  من لوحة  $\overline{\text{ا ب ث د}}$   
 ولما كان الفرع الآخر الذي هو  $\overline{\text{و ح}}$  عمودا على الاول نشأ عن ذلك  
 ان خطي  $\overline{\text{ا ب}}$  و  $\overline{\text{ه ف}}$  المستقيمين المرسومين على امتداد فرع

### وح يكونان متوازيين

وإذا اريد تنظيم الجيوش العسكرية صفافا عني بلوكات متوازية مثل

أ ب و ث د و ه ف الخ (شكل ٤) فانهم يضعون ادلة

أ و ث و ه و غ على خط مستقيم وابعاد متساوية ثم يصفون

كل بلوك اصطفافا عموديا على مستقيم أ ث ه غ الخ فيتحقق حينئذ

ان البلوكات موازية لبعضها

ويستعملون في الفنون بكثرة الخطوط المستقيمة المتساوية البعد

وفي نسخ اليد وطبع الكتب تكون الحروف موضوعة على خطوط متساوية

الابعاد اي متوازية كالالف واللام من اسم الله عز وجل

ويستعملون في فن الموسيقى الخطوط المتوازية المتساوية البعد (شكل ٥)

ليضعوا فيها نقاطا حلقة مملوءة او فارغة بسيطة او مركبة باثبات متوازية

ثم يجتمعون هذه النقاط الحلقية بحيث لا يلزم الغناء او لاجراء نغمات كل جملة

الازمن واحد وهذا الزمن هو المسمى بالقياس وتكون الخطوط المتنوعة

منفصلة بخطوط مستقيمة عمودية على الخطوط الاولى المتوازية وبناء على

ذلك تكون هذه الاعمدة خطوطا موازية لبعضها

ويرسمون في الغالب مرة واحدة خمس خطوط متوازية بواسطة قلم جدول

له خمسة اسنان موضوعة على خط مستقيم ويسكأ عند الرسم على مسطرة

بشرط ان تكون الاسنان الخمسة موضوعة على صف عمودي على هذه

المسطرة فن الواضح حينئذ ان نرسم خمسة خطوط متساوية الابعاد

ومتوازية ايضا

واستعمال الخطوط المتوازية المتساوية البعد غير متناه في سائر الفنون

حيث ان الحراث يصنع خطوطه على موجب الخطوط الموضوعة هكذا

فعند ما يجرث الارض ويجر محرثه على خط مستقيم ترسم اسنان المحراث

المتساوية البعد خطوطا مستقيمة متوازية وبناء على ذلك تؤثر اسنان الآلة

كلها في الارض على السوية لتقسم قطع الارض التي فصلها من الهرات  
الى قطع صغيرة او كبيرة

واذا اراد النقاش رسم سطوح كاملة الاستواء فانه يرسم اول اجزاء كبيرة  
الظل او صغيرة بخطوط غليظة او رفيعة لكنها تكون متوازية ومتساوية  
البعد

فاذا اراد رسم سطوح مستوية وكان جزؤها منها يبعده عن الراصد او سطح  
السماء فانه يستعمل ايضا خطوطا ظلية مستقيمة ومتوازية ويمكنه ان يجعلها  
على ابعاد متساوية بشرط ان تكون الخطوط القريبة من الراصد اعرق  
واعرض من الاخرى ويمكنه ايضا ان يصنع خطوطه الظلية على منوال واحد  
في العمق والعرض لكنها تكون متباعدة عن بعضها بقدر ما تكون قط الفراغ  
الدالة عليها قليلة الظل او قليلة البعد عن الراصد وهذه التدرجات لها قواعد  
هندسية فينبغي لكل من اراد من ارباب الفنون تحسين علميته ان يتق على  
حقيقة هذه القواعد

ويمكن الان ان نبرهن على ان كل خطين مستقيمين متوازيين يكونان متساويي  
البعد في جميع طولهما

فترسم خطي أ ب و أ د المتوازيين (شكل ٦) وتنزل أ ث

و م ن عمودين على هذين الخطين ونعين نقطة ك نقطة ش في  
منتصف خط أ م وننزل ش ك عمودا على هذين الخطين  
المتوازيين ثم نثني الجزء الايسر من الشكل على جزئه الايمن بدوران الاول

حول خط ش ك كلو اب ونطبقه على الثاني فزاويتا ك ش أ

و ك ش م من جهة و ش ك ث و ش ك ن

من جهة اخرى نصير متساوية وخط ش أ ينطبق على خط ش م

و ك ث على ك ن وحيث كانت زاويتا ش أ ث

و ش م ن قائمتين ومتساويتين نخط ا ث ينطبق على م ن وتقع نقطة ث على نقطة ن فاذن يكون عود ا ث مساويا لعمود م ن وحينئذ يكون خطا ا ث و م ن العموديان (شكل ٦) اللذان يقديسان في اوضاع مختلفة مسافة المتواز بين مساويين لبعضهما وهما اقصر بعد بين هذين الخطين المتوازيين

ويكون عودا ا ث و م ن الواقعان على خط ا ب المستقيم متوازيين فاذن يكون مستقيما ا م و ث ن العمودان عليهما مساويين لبعضهما

وبناء على ذلك اذا كان هذان المتوازيان كخطي ا ب و ث د ومستقيمان

اخران كمستقيمي ا ث و م ن المتوازيين العمودين على المتوازيين الاولين فيجزأ الخطيين الاولين المستقيمين المحصوران بين الخطيين الاخرين يكونان مساويين لبعضهما وكذلك جزأ الخطيين الاخرين المحصوران بين الاولين يكونان مساويين لبعضهما

اجراء العمالية على سكك الحديد اى السكك ذات القضبان وهى سكك يصنعون عليها قضباناً مجوفة او محدبة كاملة الاستقامة والاتصاف يتعرف فيها او عليها ابغاية الدقة اربع عجلات من العربات اثنتان منها على القضيب الايمن واخرتان على القضيب الايسر ومتى كان احدهذين القضيبين مستقيما لزم ان يكون الاخر بعيدا عنه بمسافة مساوية لبعدهما عن الجعلات الموضوعة على محور واحد وبما يكون القضيبان متوازيين حيث انهما متساويا البعد ومستقيمان ومتوازيان وفي النقل على هذه السكك فائدة عظيمة ووفر جدي بالنسبة للنقل الحاصل على الطرق العادية

واذا فرضنا ان خط د ث يقرب من ا ب (شكل ٦) بشرط

ان يكون دائما وداعلى ا ث فانه يكون دائما موازيا لخط ا ب الذى  
يقرب منه شيئا شيا مع التساوى فى جميع اجزائه  
ولتحرك هذه الخطوط المتوازية والتساوى الذى تحفظه الخطوط المذكورة  
فى ابعادها فائدة عظيمة فى الميكانيكة  
تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الآلة المستعملة لغزل القطن

اذ انصورتا على متجهة على حسب اتجاه ث د وامكن تقديهما وتاخرهما  
(شكل ٦) عن ا ب مع التوازي بواسطة العجلات الصغيرة التى تمر  
على قضبي ا ث و م ن المتوازيين فان خيوط القطن تمتد من خط  
ا م الذى هو خارجة منه بمسافة متساوية لتلتف على مغازل مصطفة  
على اتجاه ث ن المتساوى البعد وعند ما تقرب ث ن من  
ا م تنقص بالسوية مسافات نقط ث ن الموجودة على مستقيم  
ا م وبناء على ذلك تلتف الخيوط بالتساوى على المغازل بدون ان تكون  
كلها مشدودة مع التساوى ومتى بعدت العربية من خط ا م لتعود الى  
ث ن كانت الخيوط ممدودة بالتساوى كذلك ولا يمكن بواسطة تساوى  
الخطوط المتوازية المحصورة بين متوازيات اخر الوصول الى انشاء الآلات  
الظرفية المعتدة للغزل التى ليست فائدتها مقصورة على غزل اربعين فتلة  
او خمسين او ستين او اكثر من ذلك بمجرد حركة العربية مرة واحدة بل تصنع  
زيادة على ذلك سائر الخيوط مع مساواة لا يمكن تحصيلها اذا غزلت بدون هذه  
الطريقة وبدون الوسايط الهندسية

والى الان لم تقابل الخطوط المتوازية الا بالخطوط العمودية ولتقابلها  
لان بالخطوط المائلة بان نفرض (شكل ٧) رسم خطى ا ب  
و ث د المائلين بالنسبة لخط ه ا ث ف فاذا كانت زاويتا

**٥٦** **أ ب و هـ د** (اللتان يقال لهما متقابلتان) متساويتان فان

مستقيمي **أ ب** و **د هـ** يكونان متوازيين ويكون عكس ذلك صحيحا اعني اذا كان هذان الخطان متوازيين فان كل ما دل يقطعهما بشرط ان يصنع معهما اربع زوايا احادة متساوية واربع زوايا منفرجة متساوية ايضا

وفي الفنون التي يحتاج فيها الانسان الى رسم مستقيم مواز لآخر يستعمل قابلا خاصا بالتوازيات

ويستعمل لذلك مسطرة مثلثية مثل **س هـ ن** (شكل ٨) من الخشب او الزجاج او المعدن وهي مسطرة الرسامين وسميت مثلثية لان **س هـ ن** و **هـ ن** اللذين هما ضلعاها على شكل زاوية قائمة او مسطرة مثلثية

واذا فرضنا الآن ان المطلوب هو رسم مستقيم من نقطة **أ** مواز لخط **د هـ** (شكل ٨) فاما ابتداء اول اوضاع المسطرة المذكورة وهي **س هـ ن**

بحيث يتبع احد اضلاعها وهو **س هـ** اتجاه **د هـ** فنضع مسطرة **م** على ضلع **س هـ** من المسطرة المثلثية ونسكي باليد او بانقال اخو مع الشدة على المسطرة المثلثية لتثبت على المستوى ونحور باليد الاخرى المسطرة المثلثية على امتداد المسطرة حتى يصير ضلع **س هـ** قريبا جدا من نقطة **أ** المقروضة بالنظر الى الآلة التي تستعمل لرسم مستقيم **أ ب** المطلوب ويصير هذا المستقيم المرسوم على امتداد **س هـ** موازيا بالضرورة لخط

**د هـ** حيث ان الزاويتين الحادتين المتقابلتين المصنوعتين بالمسطرة وخطي **أ ب** و **د هـ** متساويتان

وبواسطة ضلع **س هـ** من المسطرة المثلثية يمكن رسم خطوط عمودية على المسطرة وذلك اسهل من رسم الخطوط العمودية بواسطة الخطوط المائلة المتساوية الميل ولكن يلزم لذلك مساطر مثلثية جيدة الضبط وان كانت نادرة

الوجود حتى انه لا يوجد في المسدن التي تقدمت فيها القنون الاقليل من  
الصناعية الذين يصنعون مساطر مثلثية ومساطر جيدة الضبط يكتب بها  
مهرة الرسامين  
وانشرح الآن تطبيق الخواص التي ذكرناها آتيا على تركيب الاجسام  
وحركتها فنقول

اذا كان هناك (شكل ١٠) شكل لا يتغير صورته مثل ا ب ث د  
وفرضنا تقدمه بحيث تكون جميع نقطه الموجودة على مستقيم ا م د  
الخ متحركة على مستقيم ا م د الخ فنقول ان كل نقطة كنقطة  
ب او ث او د التي هي من شكل ا ب ث د ترسم  
مستقيم ب او ث او د الموازي لخط ا ا وحيث كانت  
صورة الشكل المذكور لا تتغير مدة تحركه لزم ان كل نقطة من نقط  
ب و ث و د تمكث دائما على بعد واحد من مستقيم ا ا فاذن  
ترسم هذه النقطة خطا مستقيما موازيا لخط ا م د الخ  
وكثيرا ما يستعمل في الصناعة هذه الخاصية المستحسنة المعلومة من الهندسة  
(بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في ميوتها)

قد تكون الدروج والتخت والدواليب والصناديق الافرنجية متداخلة ومعاينة  
في تحركها (شكل ٩) يبرواز ترسم التحاماته القائمة خطوطا مستقيمة  
متوازية كخطوط ا ا و ب ب و د د و ث ث وعند تقدم  
الدرج او تاخره اذا كانت مهماته جيدة اعني اذا كان توازي جميع اجزائه  
ملحوظا بالدقة يكون محكما عند دخوله في بيته ولا يحتل باى وجه كان  
في جميع حركاته حيث ان الخطوط المتوازية التي انحصرت بين هذه  
المتوازيات وصارت بذلك متساوية تدل على بعد النقط المتنوعة من هذا  
الدرج في سائر اوضاعه المختلفة

(بيان تطبيق العملية على حركة المكابيس في الطلمبات)

هذا التطبيق يفيدنا كيف يكون المكاس الداخل مع الاتقان في جسم طلبية محيطها مركب من خطوط مستقيمة متوازية متحرك فيها مع غاية الضبط بدون ان يعرض له عارض في حركته وذلك اذا كان جسم الطلبية والمكاس مصنوعين مع الضبط واما اذا كان المكاس يصعد ويهبط بالتوالي فان كل نقطة من دائرته تصير خطا مستقيما موازيا لمحور جسم الطلبية ولا بد ان تكون جميع هذه الخطوط المتوازية المرسومة موضوعة بالكلية في داخل جسم الطلبية لاسيما عند عمل الآلات البخارية التي اذا حدث فيها ادنى خلل وقيل اختلاف في التوازي حصل لقواها الضعف والضياع

(بيان تطبيق العملية على لحة القماش وحياته)

لاجل لحة القماش تمدد اولا على التوازي جملة من الخيوط ونجمعهما من طرف على حاشية ونلقها من الطرف الاخر على عمود من الخشب او غيره ثم نشد الخيوط الممدودة حتى تهبط الاجزاء المنفردة بجملة خطوط مستقيمة متوازية وموضوعة على مستو واحد \* ولكيلا يكون القماش المراد نسجه مرتخيا في بعض الاجزاء نستعمل آلة تسمى مشطا وهي مركبة من اسنان رفيعة مستقيمة ومتساوية البعد عن بعضها مع التوازي ومن جهتين موافقين لبعضهما وندخل في كل مسافة من المسافات التي بين اسنان المشط خيطا من السدى وهو الذي ينظم تباعد الخيوط عن بعضها فبجمع موعى الخطوط المستقيمة المتوازية اللذين احدهما يستعمل لتنظيم الاخر حين يكون المشط مصنوعا مع الضبط فنصل الى صناعة اقمشة كبيرة العرض والطول مع التساوي التام في جميع اجزائها

ومن المعلوم عند جميع الناس ان الهندين احسنوا صناعة الكشامير الشهيرة حتى بلغت في الحسن والدقة غاية السكال ومع ذلك لم يكن عندهم لاجل تحقيق توازي الخطوط وتساويها في البعد طرق تشبه في الضبط والتحقيق طرق الافرنج فلذا عسر عليهم صناعة ارضية الشيلان المقاربة لشيلان الافرنج في القماش والمثمة معها في النسيج مع ان اهل اوربالم اشرف في هذه



## الصناعة الامندعشرين سنة

ومن الضروري ان نوضح للتلامذة ان كمال الدرجة العليا المتحصلة في فن  
من الفنون منوط بالطرق التي يستعملها الانسان ليقترب من الضبط كما تبينه  
الهندسة التصورية في توازي الخطوط المستقيمة التي هي كناية عن الخطوط  
الرفيعة جدا

ويشتهر الانسان غالبا القرمصة في تدوين هذه النتائج بأي محل تستلزم فيه  
تقدمات الصناعة ادخال قوة الادراك والتركيبات الهندسية  
في شغل الكرخانات وقد ذكر غير مرة ان هذا هو الذي يجبر ارباب الصناع  
على معرفة الهندسة المطبقة على الفنون معرفة جيدة

وتستعمل خواص الخطوط المتوازية لتركيب اي شكل او جسم يكون  
مساويا للجسم معلوم او لشكل كذلك

فاذا فرضنا مثلا ان المراد عمل شكل ا ر ث د (شكل ١١) مساويا  
على وجه الصفحة لشكل ا ب ث د المرسوم سابقا فالتاثير من خطوط

ب ر و ث د و د د مساوية لخط ا ا وموازية له ثم  
نرسم خطوط ا ر و ر ث و ث د و د ا فتصير هذه الخطوط  
المذكورة مساوية بالضرورة لخطوط ا ب و ب ب و ب د و د ا  
وموازية لها وهذا السبب يصير الشكلان متساويين

(بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية)

اذ الزم ان ننقش قطعة من الخشب او الحجر او الحديد نقشا ينطبق بالدقة على  
مجوف او محدب مهيأ لادخال القطعة المحقوفة فيه فنستعمل خواص الخطوط  
المتوازية التي استعملناها آنفا فاذا فرضنا مثلا اننا اردنا ان نحور في الداخل

المدلول عليه بخط ا ب ث د ه ف (شكل ١٢) قطعة من  
الخشب مثل س س بعد تجييرها وترقيتها بالكلية فنقول انه يمكن

لذلك رسم خطوط ا ا و ب ر و ث د و د ه و ه ه و ف  
المتساوية والموازية لبعضها ثم نرسم محيط ا ر ث د ه ف ونحور قطعة

س ص بحسب هذا المحيط

ونستعمل هذه الطريقة لاجل ان نصنع من الواح الخشب الخفيفة ارانيك  
الخطوط الاصلية التي نصنع بها سفينة على موجب رسم معلوم ويسمى  
مهندسو السفن طريقة الخطوط المتوازية بالنقالة ويرتب على صحتها الامانة  
التامة التي بها تجرى عملية الاشكال المعلومة عند المهندسين على وجه  
العمية

واما استعمال هذه الطريقة الخاصة باجتماع القطع الكثيرة المحوفة او المحذبة  
(شكل ١٣) التي ينبغي نحتها ببعضها فان صلابة السفينة متوقفة على  
احكامها وعلى المقاومة التي ترد تحرك اجزائها عند ما يحصل لهذه السفينة  
مشاق من البحر وهذه الحرجة هي احدى اسباب الاتلاف المضر جدا  
كما ستقف عليه فيما بعد

بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد  
المساقط

قد ذكرنا بالاختصار طريقة رسم شكل يساوى شكلا اخر بواسطة الخطوط  
المتوازية وهذه الطريقة استعملت ايضا لعمل ارنيك عام لرسم صورة  
الاجسام وهذا هو الغرض الاصلى من رسم الهندسة الوصفية  
فنقل على مستوى المسقط كخطة اولوح او فرخ ورق منفرد  
الجسم المراد رسمه وذلك بان نمد من كل نقطة من نقط الجسم المطلوب رسمه  
خطا مستقيما موازيا لاتجاه معلوم بمقتضى الاتفاق ولا يخفى ان كل نقطة من  
نقط الجسم المرسوم تترك موضعها الاصلى وتوضع على سطح المسقط مع  
اتباعها للاتجاه المتوازى المتفق عليه فاذن يكون وضع النقطة الجديدة على  
مستوى المسقط هو نفس مسقط النقطة

فاذا اسقطنا سائر نقط خط مستقيم او منحني فانه يتالف منها على مستوى  
المسقط مستقيم ومنحن جديدان يصيران مسقطي الخط المستقيم او المنحني  
الاصلى

وهذه هي الطريقة المستعملة لاختذ صورة الاجسام في الابنية المدنية والعسكرية والبحرية وفي فن قطع الاخشاب والاجار وفي الرسم الممتد لعمل الآلات وهلم جرا

ولا يكفي مسقط واحد للاجسام المراد تصويرها وإنما ينبغي مسقطان او اكثر لتحديد صورتها وقدرها مع غاية الضبط ولذا يستعملون سطحي مسقط يسمى اسفل اجراء عمليتها فرض لحد هماراسيا والخرافة ماويقل او يسقط على المستوى الراسي الجسم المراد رسمه بواسطة خطوط متوازية افقية ويقل او يسقط الجسم المذكور على المستوى الافقي بواسطة خطوط متوازية راسية

ومن ذلك يسمى المسقط الافقي مستوى الجسم والمسقط المنتصب ارتفاعه ويجب على التلامذة من الآن فصاعدا معرفة ضرورة رسم المساقط مع الضبط بواسطة المستويات والارتفاعات ومعرفة جميع الاجسام المطلوب رسمها وعمليتها في سائر القنون التي ينبغي ان يكون فيها للتأثير صورة جيدة الصفحة اما على حسب الارانيك او على حسب الابعاد والمساقط المعينة سابقا

ويحصل للتلامذة عقب هذه الممارسة وسائط العمل في الاحوال التي تقدم لهم غير ان ذلك لا يكفيهم وانما يلزمهم معلم خصوصي يعلمهم رسم المساقط بطرقه ومعارفه

(بيان تطبيق طريقة المساقط على فن الميكانيكة)

ليست الخطوط المتوازية والعمودية مستعملة بواسطة المساقط لجرد رسم صورة اى جسم مفروض عدم تحركه في وقت معلوم فقط بل تستعمل ايضا لتبيين الطريق التي يتبعها او يجب ان يتبعها كل من نقط ذلك الجسم عند تحركه باى حركة كانت وهذا التطبيق الجديد الناشئ عن الهندسة من اعظم الاشياء نفعا لفن الميكانيكة فيسوغ لنا ان نرسم بواسطة الخطوط ما ليس بحق في الصورة في الفراغ ويسوغ لنا ايضا ان نعين على الدوام رسوم الاشياء

التي من شأنها الخفاء في الوقت الذي يعقب ظهورها  
 فإذا فرضنا مثلاً أننا اطلقنا رصاصة بندقية او كلة مدفع نحو هدف معلوم  
 فادمر مركزه الرصاصة او الكلة يقطع خطاً غير مشاهد ومع ذلك فيمكننا  
 ان نرسم هذا الخط كما ينبغي على مستوما ونستعمل هذا الرسم في احوال  
 كثيرة كما اذا اردنا ان نتحقق من تأثير ضرب طابية على استحكامات فعلى  
 حسب دخول هذا الخط المتجه على رأس الاستحكامات في الفراغ الذي يشغله  
 المحافظون او مروره باعلى هذا الفراغ من بعد لا يصل الى المحافظين يكون  
 للطابية فائدة او عدم فائدة بالنسبة للمحاصرين (بكر الصاد) وتكون  
 خطرة او غير خطرة بالنسبة للمحاصرين (بقبحها) الذين خلف السور  
 (راجع الدرس الرابع عشر)

فاذن نرسم الخط المراد قطعه بمركز الرصاصة على سطحي المسقط المئينين  
 للاوضاع الاصلية ونقوش الطابية والاستحكامات لتعرف ما يرجي او ما يخشى  
 من نتائج هذه الطابية

ونرسم ايضا بواسطة الخطوط جملة النقاط التي يقطعها مركز القمر حول  
 الارض ويقطعها ايضا حول الشمس مركز الارض وباقي النجوم السيارة  
 وذات الذنب وما شابه ذلك فتكون معرفة الخطوط المقطوعة على هذا الوجه  
 بالكواكب السيارة منظومة في سلك الاستكشافات النفيسة التي كشفها  
 عقل الانسان ومكتساحا بمن السنين حتى وصل اليها

والقصد من صناعة الآلات المستعملة لضرورة الناس واشغال الصناعة ان  
 بعض اجزائها يحصل عنه حركات مخصوصة ولا يكتفي رسم اجزاء كل آلة في وضع  
 مخصوص بل يلزم رسم حركات هذه الاجزاء وسيرها وقد يتحصل ذلك  
 باستعمال طريقة المساقط مع الخطوط المتوازية والعمودية وبواسطة هذا  
 الرسم نقف على حقيقة ما ينشأ من صور الاجزاء المتنوعة لهذه الآلات  
 عند تحريكها

ويعلم من ذلك ان القضية المتعلقة بالتوازيات والخطوط العمودية التي يظهر

انها سهلة وموجزة جدا لها تطبيقات مفيدة للرسم الاشياء وصناعتها بالنظر الى اشكالها ورسم اثاث البيوت والابنية والالات اولدلالة على الحالة الثابتة للاجسام واحوال تحركها المتنوعة فاذن ينبغي التعود بكثرة على طريقة الرسم التي تجرى في الصناعة

ومن اتفق على ان الخطوط المتوازية العملية التي استعملت لرسم الخطوط المنحنية بواسطة الخطوط المستقيمة المتوازية

فاذا فرضنا الى خط منحني كخط م ا ب ب ث ن (شكل ١٤)

فانتقله الى خط مستقيم اصلي الى محور م د بواسطة عدة خطوط

اخر مستقيمة متوازية كخطوط ا ا و ب و ث و د د الخ ثم نرسم عادة هذه الخطوط الاخيرة على ابعاد متساوية

(بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية)

فائدة هذا الرسم الهندسي هو انه يسوغ لنا رسم صورة الخطوط المنحنية وعدها ولو كانت قليلة الانتظام ان امكن التعبير بهذه الطريقة ومن دلائل المثال الشهير المقرر في عمارة السفن

### (بيان المثال المذكور)

حاصله ان سرعة سير السفينة في حد ذاتها تتعلق بالصورة المواقفة للقارينة اى الجزء الاسفل المنغمس في الماء فينبغي ان تكون هذه الصورة دائمة ومحكمة الصناعة على حسب الابعاد التي يحددها المهندس ولذا يستعملون القواعد الهندسية المضبوطة في رسم قارينة السفن وتركيبها والمعول في ذلك على قاعدة المتوازيات والخطوط العمودية

والضلع الايمن من السفن التي تصنعها يسمى تريبورا اى الجهة اليمنى وهى مضاهية بالكلية للضلع الايسر المسمى بالبابور اى الجهة الشمالية ولاجل عملها تدخا خطا قويا كخط م ن (شكل ١٥) يصل مقدمها ومؤخرها وتنقسم على هذا الخط المستقيم المنتهية الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب

و **ب ث** الخ خطوط عمودية ونضع على هذه الخطوط نقاطا تدل على خطوط الماء

ونفرض ان السفينة تنغمس بالتدريج في البحر بدون ميل من الجهتين ونضع في كل درجة من الانغماس على سطحها الخارج خط محيط الماء وهو المسمى بخطوط الماء والذي يدلنا من مبدء الامر على اتصال هذه الخطوط هو صحة اشكال السفينة وتكون هذه المنحنيات محددة كما ذكرناه آنفا بواسطة انصاف الاعراض الموضوعة على يمين المحور وعلى يساره وعلى المتوازيات واذا كانت انصاف الاعراض المذكورة مدلولها عليها باعداد بالنظر الى كل خط مائي وكل متوازي فانه يمكن دائما رسم القارينة اى الجزء الاسفل من السفينة وبناء على ذلك يمكن عمل السفينة المذكورة

(مثال ناشئ من رسم الطرق والخلجان)

مثلا اذا كان خط **م ن** المأخوذ محورا (شكل ١٦) هو خط تسوية مياه الخليج او خط آخر مواز لهذه التسوية فالتأخذ خطوطا عمودية مثل **ا ا و ب ر و ث ش** من ابتداء هذا الخط الى الارض الى صورتها منتهية بالخط المنحنى المار بنقط **ا و ر و ث و د** وهناك آلة يقال لها آلة التسوية تستعمل لتحديد ارتفاعات **م م و ا ا و ب ر و ث ش** وسيأتى لك بيانها عند الكلام على آلات الماء

ثم نصنع ما يسمى بالرسوم الجانبية القاطعة بان نأخذ من كل نقطة من نقط **ا و ب ر و ث و د** الخ خطوطا افقية عمودية على **م ن** ونعتبر كل واحد من هذه الخطوط محورا جديدا ثم ننزل من هذا المحور بخطوط عمودية على الارض ونقيس طولها ثم نصنع لسكل محور جديدا شكلا بواسطة خطوط الارض العمودية والمنحنى المقابل لهذه الخطوط وقد تكون هذه العمليات لازمة لزوما ثم ورياني معرفة كمية الارض التي ينبغي حفرها في الاماكن المرتفعة لنقلها الى الاماكن المنخفضة وتغيير صورة

الارض الاصلية الى الصورة الملائمة للطريق والتلج الذي يراد رسمه وبالجمل  
فان هذه الارتفاعات ينشأ عنها مع السرعة والسهولة طريقة عمل الحسابات  
الضرورية في تقويم كميات الارض التي يراد رفعها وازالتها وهو ما يسمى  
حفر او نقلها وهو ما يسمى ردما

واذا اردنا تحديد عمق بحيرة او نهر او ميناء او مرسى مع غاية الضبط فاما تقسيم  
السطح الى جملتين من الخطوط الاقمية المتوازية المتساوية البعد بشرط  
ان تكون خطوط احدهما عمودية على خطوط الاخرى فاذا تقررت ذلك نزلنا  
من كل نقطة تكون فيها الخطوط المتوازية الممتدة الى جهة واحدة مقطوعة  
بخطوط متوازية ممتدة الى جهة اخرى بعمود يصل الى الارض واذا امرنا  
بخطوط منحنية من طرف الخطوط العمودية الممتدة من افق واحد فانتا  
نضع الشكل الجانبي لقاع البحيرة او النهر او الميناء او المرسى وبهذه الطريقة  
يتمصل لطول هذه الاشياء وعرضها سائر الرسوم الجانبية اللازمة في تحديد  
صورة هذا القاع

وعوضا عن اتباع الطريقة المذكورة الدالة على ضوزة الارض المغمورة بالماء  
او غير المغمورة نستعمل غالبا خطوطا منحنية بشرط ان تكون الارتفاعات  
المنتصبة متساوية بالنظر لكل من هذه الخطوط المنحنية وحينئذ نضع جملة  
من الخطوط المنحنية الاقمية ونفرض عادة ان الخطوط المنحنية المتتالية تكون  
متساوية البعد عند قياسه اى البعد المذكور مع الانتصاب وبناء على ذلك  
يستدل على القطوع الاقمية الموجودة على المسقط المنتصب اعنى على  
الارتفاع بتوازيات متساوية البعد وهذا هو الذى يترتب عليه عدة عمليات  
ولهذه الطريقة فائدة عظيمة وهوانها تظهر بمجرد النظر على مستو كفرخ  
من الورق الصورة التامة للارض في جميع اجزائها المتنوعة

وليس نفع تعيين الصورة المذكورة مقصورا على رسم الجهات المائية اى  
وصف الاماكن المغمورة بالماء او المروية بها بل ينفع ايضا فى التبغرافية  
اى ما يخص البلدان لاجل اخذ صورة الوديان والجبال وغيرها مع الضبط

والتفصيل وينفع ايضا المهندس الجهادي كما ينفع مهندس القناطر  
والجسور في رسم الطرق السلطانية واجراء عملية الاستحكامات  
واذا اريد تشييد قنطرة قناطية واعتمادية فان ابغال هذه القنطرة ترتفع الى  
ارتفاع خط التسوية الذي هو م ن (شكل ١٧) ويقسم هذا  
الخط من حيث هو الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب و ب ث  
وعلى كل نقطة من نقط التقسيم تنزل عمدة ا ا و ب ب و ث ث  
و د د الى الارض فتكون هذه الخطوط دالة على الارتفاع الذي ينبغي ان  
تأخذها ابغال القناطر الاعتمادية والقناطية

ولم تنوسع زيادة عما يلزم في هذه التطبيقات العديدة التي يمكن عملها في شأن  
رسم صور الامتداد بواسطة المتوازيات وسترى فائدة هذه الطريقة وسهولتها  
وايجازها وسرعتها فينبغي حينئذ كثرة انتمرن عليها وان ترسم مع المسقة عدة  
اجسام تتعلق بالمحاور والمتوازيات بشرط ان يتشتمل جنس هذا الرسم  
بالندرج في جميع الكرخانات

ويمكن ان مراجعة كتب الرسم والهندسة المختصة بالمستويات والسطوح  
المختصة وكتب الهندسة الوصفية لا تخلو عن فائدة

(الدرس الثالث)

(في بيان الدائرة)

الدائرة هي سطح مستو تكون جميع نقط دائره السمي بالمحيط على بعد واحد  
من نقطة الوسط المنفردة المسماة مركزا  
وجميع الخطوط المستقيمة الواصلة من ذلك المركز الى المحيط تكون متساوية  
عندما تسمح الابعاد المتساوية ويطلق على هذه الخطوط المستقيمة اسم انصاف  
الاقطار فاذن تكون جميع انصاف اقطار الدائرة متساوية  
ومنى كان نصف القطر متقابلين احدهما على عين المركز والاخر على يساره فان  
الخط المستقيم المنفرد المتألف منهما يسمى قطر الدائرة



وحيث كانت  $\theta$  هي مركز دائرة  $\overline{أ ب د ه}$  (شكل ١) كلنت جميع  
انصاف اقطار  $\overline{أ و}$   $\overline{ب و}$   $\overline{ث و}$   $\overline{د و}$   $\overline{ه و}$  متساوية  
واذا انالف من نصفي قطر  $\overline{أ و}$   $\overline{ب و}$  خط مستقيم كخط  $\overline{أ ب د ه}$   
فهذا الخط هو قطر الدائرة

وكل قطر مثل  $\overline{د أ}$  (شكل ١) يقسم الدائرة الى قسمين متساويين  
ويكنى في اثبات ذلك ثني جزء  $\overline{د أ ب}$  على جزء  $\overline{د أ ه}$  بتدوير  $\overline{د أ ب}$   
حول قطر  $\overline{د أ}$  كلولب فاذا وقعت نقطة من محيط  $\overline{د أ ب}$  في داخل  
محيط  $\overline{د أ ه}$  كانت قريبة من المركز واذا وقعت في خارجه كانت  
بعيدة عنه وهذا غير ممكن حيث ان جميع نقط محيط  $\overline{أ ب د ه أ}$   
على بعد واحد من المركز فاذا ينطبق محيط  $\overline{د أ ب}$  بالكلية على  
 $\overline{د أ ه أ}$  ويكون جزاء الدائرة المنفصلان عن بعضهما بقطر  $\overline{د أ}$   
متساويين

ويطلق اسم الوتر على كل خط مستقيم كخط  $\overline{م ن}$  (شكل ٢) منته  
من كلتا جهتيه بمحيط الدائرة ويطلق قوس الدائرة على كل جزء من المحيط كجزء  
 $\overline{م ن خ}$  ويطلق اسم السهم على جزء  $\overline{م ن خ}$  من نصف قطر  $\overline{ث ح}$  غ  
العمودي على الوتر وهو منحصر بين الوتر والقوس  
وهذه الاسماء منقولة من اسماء الخشب الذي كان يستعمله القدماء حيث  
يشدونه بوتر على هيئة جزء من المحيط تقريبا (شكل ٣) ويطلقون عليه  
اسم القوس وهو معد لرمي السهام الموضوعة على منتصف الوتر في اتجاه  
عمودي عليه ومن ذلك يعلم ان التطبيق واسطة في اتساع دائرة العلوم  
وفي نقلها لاسماء صارت فيها من قبيل الحقائق العرفية

وكل نصف قطر مثل  $\overline{ث ح}$  غ (شكل ٢) العمودي على وتر  $\overline{م ن}$  غ  
يقسم القوس والوتر الى قسمين متساويين

ولا ثبات ذلك ثم نصفي قطر  $\overline{م ن}$  و  $\overline{ث و}$  اللذين هما خطان

ماثلان متساويان بالنسبة الى عمود  $\text{ش}$  فينتج  $\text{ولا م ح} = \text{ح د}$   
 وكذلك يكون  $\text{وزا م خ و د ح}$  مائلين متساويين واذا اتينا  $\text{ش خ د}$   
 على  $\text{ش خ م}$  فان نقطة  $\text{د}$  تقع على نقطة  $\text{م}$  وقوس  $\text{د ضه خ}$   
 على قوس  $\text{م د خ}$  بحيث لا يمكن ان تقع نقطة ما من نقط القوس الاول  
 داخل الثاني واخرجه من غير ان تكون قريبة او بعيدة من مركز  $\text{ش}$  \*  
 فانما ان قوسى  $\text{م ر ح و د ضه خ}$  يكونان متساويين  
 (اجراء العملية في رسم الخطوط)

يتألف من الخطوط التي ذكرناها آنفا عمليات نافعة جدا في فن الرسم وفي اغلب  
 القنون التي ينبغي ان تجعل لها اقدسة جيدة الضبط

فستعمل اولاً لتقسيم قوس الدائرة الذي هو  $\text{م خ د}$  (شكل ٤) الى  
 قسمين متساويين ولذلك نأخذ بيكارا ونقعه على قدر الكفاية (اعني اكثر  
 من نصف  $\text{م د}$ ) ثم نضع على  $\text{م}$  احد طرفي البيكار ونرسم بالطرف  
 الاخر قوس الدائرة وهو  $\text{ر ضه ط}$  ثم نأخذ الطرف الثاني من البيكار  
 ونضعه على  $\text{د}$  ونرسم بالطرف الاخر منه قوساً ثانياً كقوس  $\text{د ضه ع}$   
 بشرط ان نهتم في عدم فتح البيكار وغلقه وقت اجراء العملية وتكون نقطة  
 $\text{ضه}$  التي يجتمع فيها القوسان على بعد واحد من نقطتي  $\text{م و د}$  فاذن  
 نصير موضوعاً على العمود الواقع على  $\text{م د}$  المار بمنتصف هذا المستقيم  
 ويمر  $\text{كز}$  الدائرة وهذا الخط المستقيم هو الذي يقسم وتر  $\text{م د}$  وقوس

$\text{م خ د}$  الى قسمين متساويين

فاذا لم يعلم وضع المركز يكتفي ان يرسم من جهته قوسى  $\text{ا ب د و د ه}$   
 بفتح واحدة من البيكار فيكون  $\text{مركز الاول م}$  والثاني  $\text{د}$  ونصير  
 نقطة  $\text{ر}$  كنقطة  $\text{ضه}$  على العمود الذي يقسم وتر  $\text{م د}$  وقوسه  
 الذي هو  $\text{م خ د}$  الى قسمين متساويين

واذا علمنا ثلاث نقط من محيط الدائرة كنقط  $\text{م و د و ق}$  (شكل ٥)  
 امكن ان نجد وضع المركز ومقدار نصف القطر ونرسم نفس المحيط

ويكنى اذلك ان تنزل على حسب الطريقة التي ذكرناها اولا من منتصف  
 م ه خط غ ا عمودا على م ه وثانيا من منتصف ه و خط  
 و ر عمودا على ه و ونجد من نقطة ث التي يتلاقى فيها عمودا  
 ش غ و ث ر معا خطوط م ه و ث ه و ث و المائلة  
 فتصير متساوية فاذن تكون خطوط م ه و ث ه و ث ثلاثة  
 انصاف اقطار للدائرة المطلوبة التي تكون نقطة ث مركزها

ومنى كان ا ب و د ه و ف غ التي هي اوتار الدائرة  
 (شكل ٦) متوازية فان اقواس ا د و ب ه و د ف و ه غ  
 الخ التي في هذه الاوتار تكون متساوية

ولا ثبات ذلك نجد من مركز ث نصف قطر م ه ع عمودا  
 على سائر الاوتار فيقطع كل واحد منها الى جزئين متساويين وزيادة على ذلك  
 اذا قابلهما بطول الاقواس المطابقة لهذه الاوتار ترتب على ذلك ان قوس  
 ع ا يساوى قوس ع ب وقوس ع د يساوى ع ه و ع ف  
 يساوى ع غ

ويترتب على ذلك ان قوس ا د يساوى ب ه و د ف يساوى  
 ه غ

وقد يكون مستقيم س ح ص (شكل ٦) العمودى على نصف  
 قطر ث ه من الدائرة والممتد من نهاية نصف القطر المذكور واقعا  
 تمامه خارج الدائرة ولا يتحد معها الا في نقطة واحدة كنقطة ح فاذن  
 يكون هذا المستقيم مماسا للدائرة ولا يمكن ان يمر مستقيم آخر من نقطة ح  
 بين الدائرة ومماسها الذي هو س ح ص

وبيانه ان يقال حيث كان نصف القطر عمودا على مستقيم س ح ص فان  
 نقطة ح التي هي موقع هذا العمود تكون اقرب لمركز ث الموضوع  
 على هذا العمود مما عداها من النقط الاخرى كنقطة س او ص لان

البعد الحاصل بين نقطة س او ص ونقطة ث مقيس بالمائل الذي يكون بالضرورة اطول من عمود ث ح فاذا تكون سائر نقط مستقيم س ح ص موضوعة خارج الدائرة ماعدان نقطة ح وللقنون في هذه الخواص الموجودة في الدائرة منفعة عظيمة بالنسبة للمستقيحات المماس لها

ويمكن في مبدء الامر ادارة الدائرة حول مركزها الذي هو ث المقروض انه ثابت وفي هذه الحركة يكون تماس س ص ثابتا و يترتب على ذلك امر ان احدهما ان الدائرة لا تتجاوز س ص ثانيهما انها تماس دائما س ص في نقطة ح البعيدة عن مركز ث بمسافة مساوية لنصف قطر ث ح وبناء على ذلك اذا مس مستقيم ثابت الدائرة في نقطة وكان مركز تلك الدائرة ثابتا على محور فيمكن ادارة هذه الدائرة بدون ان يلحق الانسان مشقة في بعده عن هذا الخط المستقيم او في دفعه عنه  
(اجراء العملية في خرط جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة)

يستعمل الخراط هذه الخاصية لقطع سطح مستو على حسب محيط مستدير بان يدير المستوى حول نقطة ثابتة كنقطة ث المجعولة مركز الدائرة ثم يوجه آلة حادة على اتجاه تماس س ص فتؤثر هذه الآلة القاطعة في نقطة ح وتكون جميع اجزاء المستوى المفصولة عن بعضها بالآلة بعيدة عن نقطة ث بمسافة اكبر من ث ح وعلى ذلك تكون جميع نقط المحيط المفصولة ايضا على هذا الوجه على بعد ث ح من المركز فاذا كان يكون هذا المحيط محيطا للدائرة

(اجراء العملية في عمل الاجار المعدة لسن الآلات او لتسطيح السطوح)  
تستعمل الخاصية المتقدمة في عمل الاجار الصالحة لسن الآلات وتسطيح الاجزاء المستقيمة من سطح حادث من نتائج الصناعة بان يمسك الجسم المراد سنه او تسطيحه باليد او غيرها ويتكاه به على حجر مستدير الشكل فان كان مركز هذا الحجر ثابتا ومحيطه محكم الضبط عند ادارته كان سطحه مماسا دائما

للأجسام المراد منها أو تسطيحها  
ولا توجد هذه الخاصية في شكل غير شكل الدائرة لانه عند ادارة هذا الشكل  
تحدث اوقات يبعد فيها الشكل المذكور عن الاجسام الثابتة واوقات اخرى  
يدفعها عن نفسه

وعوضا عن كوتشا قرض ان الدائرة متحركة ومماس س ص ثابت  
تقرض عكس ذلك اعني ثبات الدائرة وتحرك س ص مستقيم مع جعل  
هذا الخط المستقيم بعيدا عن مركز ث بمقدار يساوى نصف القطر  
فلا يزال مماسا لمحيط الدائرة

(اجراء العملية في خط الاجسام الثابتة)

تستعمل هذه الطريقة لقطع الاجسام الثابتة مع الاستدارة وفي هذه الحالة  
تكون الآلة هي التي تدور حول المركز ويستدل على الجهة التي من الآلة  
بمماس س ص وعلى نفس القاطع نقطة ح  
ونؤلف بطريقة مختلفة بين حركة الدائرة ومماساتها

(اجراء العمل في التدوير)

اذا فرضنا ان مماس س ص لا يزال ثابتا وادرننا الدائرة فوقع بحيث  
يكون كل جزء صغير من المحيط موضوعا على جزء آخر من المماس على التوالي  
من غير ان يتقدم او يتأخر الى جهة الامام والخلف فانه يحصل عندنا الحركة  
التي يطلق عليها اسم التدوير وذلك من اعظم المهمات في الفنون

وفي هذه الحركة لا يزال مستقيم س ص مماسا للدائرة حيث انه يمس دائما  
محيطها في نقطة واحدة فاذن يبقى مركز الدائرة بعيدا عن مستقيم س ص  
بمسافة مساوية لنصف قطر ث ح وفي التدوير الكامل على خط  
س ص المستقيم يكون مركز الدائرة متحركا على مستقيم آخر مواز  
لاستقامة س ص واذا كان هذا الخط المستقيم افقيا كان مركز الدائرة  
تابعا لخط افقي ايضا

فاذا ادار كل خط منح بهذه الكيفية على الخط المستقيم الافقي فان النقطة

المركزية او غير المركزية تصعد تارة وتهبط اخرى فاذا لا يكون للنقل الحاصل في هذا الخط الذي هو عجلة غير مستديرة انتظام ولا لطافة وهذا هو الحامل لنا على ان نجعل شكل الدائرة لسائر عجلات العربات المعدة لنقل ارباب السياحة والاشياء

(اجراء العملية في الحركات المتوازية)

يتحصل لنا من خاصية الدائرة التي نحن بصدد هاء طريقة وجيزة سهلة لتحريك نقطة بالتوازي على مستقيم معلوم ويكون الصاق هذه النقطة بمركز الدائرة التي تدور حول مماسها الثابت

واذا ممددنا خط  $س هـ$  (شكل ٦) وجعلناه موازيا لخط  $س ص$  بمسافة مساوية لنصق قطر  $ح$  او لقطر الدائرة الذي هو  $ح ث$  فان  $س هـ$  يمر حينئذ بنقطة  $خ$  التي هي نهاية قطر  $ح خ$  ويكون مماسا للدائرة كخط  $س ص$  واذا اردنا حينئذ الدائرة على  $س ح ص$  فانها لا تنقطع عن تماس  $س هـ خ$  حيث ان مسافة المتوازيين واحدة

(اجراء العملية في تركيب الآلات)

متى اردنا ان نحرك بالتوازي مسطرة او بروزا مستقيما مع غاية الضبط على مستقيم معلوم فائنا نأخذ حلقة او حلقات متساوية القطر ذات شكل مستدير مضبوط ونضعها بين المستقيم المجهول قاعدة والمسطرة او البروزا المراد تحركه فاذا ن لا يبقى علينا الا ان نجذب او ندفع مع مماسة الحلقات المسطرة او البروزا على حسب لوازم الآلات التي تكون المسطرة او البروزا جزءا منها ولننبه على كثرة الطرق المتنوعة التي اخذت من علم الهندسة لتستعمل في الفنون من اجل رسم الدائرة او عملها بواسطة الخطوط المستقيمة وعكسه اي رسم الخطوط المستقيمة او عملها بواسطة الدوائر ومن اجل تحصيل الحركات المستقيمة بواسطة الحركات المستديرة والحركات المستديرة بواسطة الحركات المستقيمة والتعويل على المدرسين في اظهار سر هذه التطبيقات للتلاميذ

وبعد مقابلته الدوائر بالخطوط المستقيمة ينبغي مقابلتها ببعضها  
وذلك بان نفرض ان دائرتي  $\bar{A}$  و  $\bar{B}$  (شكل ٧) موضوعتان على  
وجه بحيث يكون بعدهم كزيمما وهو  $\bar{A} \bar{B}$  يساوي  $\bar{A} \bar{O} + \bar{B} \bar{O}$   
الذين هما نصفاهما طريهما ومن البديهي ان نقطة  $\bar{O}$  تكون على المحيطين  
معا وزيادة على ذلك لا يمكن لنقطة اخرى كنقطة  $\bar{C}$  ان تكون على هذين  
المحيطين معا

وبناء على ذلك تكون الدائرتان مماسيتين لبعضهما  
(اجراء العملية في نقل حركة مستديرة من محور الى آخر)  
يمكن ادارة الدائرة الاولى (شكل ٧) بدون ان تنقطع عن مماسة الدائرة  
الثانية المفروض ثباتها او تحركها والمفروض ايضا دورانها في جهة واحدة  
كالاولى او في جهة مضادة لها بدون ان تنقطع الدائرتان في هذه الحركة عن  
مماسية بعضهما وبدون ان تدخل احدهما في الثانية

ويستعمل غالباً في الفنون هذه الخاصية الهندسية لتحريك دائرة بواسطة  
دائرة اخرى اما بالنظر لمجرد محاكاة المحيطات او بالنظر لامتلائها بالاسنان  
المتساوية في الغلظ الموضوع على بعد واحد وحيث ينبغي ان يلاحظ انه  
اذا كانت احدى الدائرتين تدور من اليسار الى اليمين والاخرى من اليمين الى  
اليسار فانهما يتحركان بالاختلاف وقد يستدل على اختلاف الحركات بالاسم  
كما في (شكل ٧)

فاذا كان هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها مثل  $\bar{A}$  و  $\bar{B}$  و  $\bar{C}$   
(شكل ٧) بحيث تكون الاولى مديرة للثانية والثانية للثالثة وكان  
دوران الثانية مخالفاً للاولى ودوران الثالثة مخالفاً للثانية فان الثالثة والاولى  
يدوران في جهة واحدة واذا نلزم ان يكون هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها  
ليتولد عنها في جهة واحدة حركة مستديرة من مركز الى آخر

(بيان السيور والمحيطات بالدوائر)

اذا اردنا نقل حركة مستديرة الى مسافة كبيرة فانا عوضاً عن ان نستعمل

دوائر كبيرة او نضاعف عددها نأخذ منها دائرتين ونجعل السير محيطاً بهما وهذا ما يمكن عمله وفيه حالتان الاولى أن يكون بدون تقاطع السيور كما في (شكل ٨) والثانية أن يكون مع تقاطعها كما في (شكل ٩) وتكون هذه السيور ممتدة بحيث يكون جزءاً  $\overline{م د}$  و  $\overline{ح غ}$  غير المماسين للدائرتين على مستقيم واحد ويمكن ادارة كل من هاتين الدائرتين بدون أن يتغير طول جزئى  $\overline{ح ا م}$  و  $\overline{غ ب د}$  المستديرين واتجاههما وكذلك طول جزئى  $\overline{م د}$  و  $\overline{ح غ}$  المستقيمين واتجاههما فعلى هذا اذا كان في مبدء الامر لصوق السير على المحيطات متيناً جداً بحيث يتبع السير عند ادارة الدائرة حركة واحدة وينقلها الى الدائرة الاخرى وتنقل هذه الحركة من غير مشقة بطريقة واحدة عند ادارة الدائرة الاولى

فاذا امتد السير بكثرة الاستعمال او بتغير حرارة الجو او رطوبته لزم استعمال دائرة ثالثة  $\overline{ك د}$  (شكل ١٠) التي اذا نقت جزء  $\overline{ح غ}$  القائم فجعله بعد ذلك في وضع  $\overline{ح ر}$  و  $\overline{ر غ}$  بحيث يصير موترامع ماله من الامتداد ولا جمل ذلك يكفي ان يكون تفاضل الطول بين مستقيم  $\overline{ح غ}$  وجزء  $\overline{ح ر غ}$  المتكسر مساوياً بطول السير وكثيراً ما نستعمل هذه الطريقة في تركيب الآلات

وهناك اختلاف ينبغي الالتفات اليه في نوعى السيور المتقاطعة او غير المتقاطعة عند الانتقال من دائرة الى اخرى وهوان الدائرتين يدوران بواسطة السيور المتقاطعة (شكل ٩) في جهات متضادة مع انهما يدوران بواسطة السيور غير المتقاطعة (شكل ٨ و ١٠) في جهة واحدة وسيأتى في آخر هذه الدروس كثير من العمليات المقررة في شأن حركة الخطوط المستقيمة والدوائر المتلاصقة لاستكمال لوازم الفنون

(بيان حركة دائرة في اخرى)

اذا قطعنا دائرة في سطح مستو فانه يتحصل لنا بالنظر للجزء المقطوع محيطاً محدب وبالنظر لما بقى من المستوى محيطاً مجوف فاذا ادورنا الدائرة المقطوعة



حول مركزها كانت سائر نقاط محيطها الملازمة لبعدها واحد من المركز محاسة دائما لنقطة من المحيط المحجوف المقطوع في المستوى فاذن يكون المحيط المحذب عند دورانه مماسا دائما للمحيط المحجوف في جميع نقطه

ولا توجد هذه الخاصية الا في شكل الدائرة دون غيره وبالجملة فيوجد في كل شكل يمكن ادارته حول نقطة ما اجزاء من محيط الشكل البعيد كثيرا او قليلا من هذه النقطة وهذه الاجزاء التي تكون تارة خارجة من المحيط المحجوف المقطوع على المستوى وتارة لاتصل اليه تتركيبه وبينها فراغا

وكما اقتضى الحال ان نسد مسافة مستوسدا جيدا او كان جزء من هذا المستوى دائرا على نفسه ينبغي ان نجعل هذا الجزء على شكل الدائرة وهذا هو السبب في جعل سدادات الحنفيات والقوارير والقماقم على شكل مستدير

(اجراء العملية في العلب البخارية)

نستعمل الخاصية الموجودة في الدائرة استعمالا جيدا في تركيب الآلات البخارية وهي انها تدور على نفسها بدون ان تنقطع نقطة من نقط دائرها عن مس المحيط المحجوف المشتمل عليها ونشرح لك هذا الاستعمال عند ذكر العلب البخارية المستديرة

(تقسيم الدائرة وتطبيقها على قياس الزوايا)

ينبغي لنا معرفة قاعدة ضرورية قبل توضيح هذه القسمة

وهي انه اذا كان قوسا الدائرة اللذان هما  $\overline{أ م ب}$  و  $\overline{د ن ه}$

(شكل ١١) متساويين فان وترى هذين القوسين وهما  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{د ه}$

يكونان متساويين وكذلك اذا كان وتر  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{د ه}$  (شكل ١١)

متساويين ووضعنا الوتر الثاني على الاول فان قوسى  $\overline{أ م ب}$  و  $\overline{د ن ه}$

ينطبقان على بعضهما ويصيران متساويين فاذن اذا رسمنا في دائرة ما

عدة اوتار متساوية مثل  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{ب ث}$  و  $\overline{ث د}$  و  $\overline{د ه}$

(شكل ١٢) فان الاقواس المطابقة لها تكون متساوية ايضا وبناء على

ذلك نقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية بقدر ما يمكن رسمه من الاوتار

\* (بيان الطرق السهلة التي يمكن استعمالها في تقسيم الدائرة وهي) \*

اولا لاجل تقسيم الدائرة الى قسمين متساويين يكفي ان نمد من المركز قطر  
**أ ب** (شكل ١٣)

ثانيا لاجل تقسيمها الى ثلاثة اجزاء متساوية ينبغي ان نقسمها الى ستة  
 اجزاء ونعتبر كل جزئين منها منزلة جزء واحد (شكل ١٥)

ثالثا لاجل قسمتها الى اربعة اجزاء متساوية يلزم ان نمد قطرا ثانيا كقطر  
**د ه** (شكل ١٣) عمودا على قطر **أ ب** الاول

رابعا لاجل قسمتها الى خمسة اجزاء متساوية (شكل ١٤) نبدي  
 بقسمة المحيط الى عشرة اجزاء متساوية ثم نعتبر كل جزئين منها منزلة جزء واحد  
 كافي الطريقة الثانية

خامسا لاجل قسمتها الى ستة اجزاء متساوية (شكل ١٥) يلزم ان  
 نجعل نصف قطر الدائرة وتر الشكل جزء

والخط العمودي الممتد من منتصف كل وتر القاسم للقوس المحصور به الى  
 قسمين متساويين ينشأ عنه طريقة تقسيم محيط الدائرة الى ثمانية اجزاء  
 متساوية (شكل ١٣) وذلك اذا اعتبرنا القسمة رباعية متساوية  
 الاجزاء وينشأ عنه ايضا تقسيم المحيط المذكور الى اثني عشر جزءا  
 (شكل ١٥) اذا اعتبرنا القسمة سداسية متساوية الاجزاء

والجزء الخامس عشر من المحيط يساوي السدس ناقص العشر  
 وحيث كان من شأن هذه العمليات البسيطة انها توجد دائما في رسم الآلات  
 ومحصلات الصناعة وجب على ارباب الحرف التمرن عليها  
 وبعد ذكر القواعد الصعبة الناشئة عن علم الهندسة ينبغي لسان نذكر قواعد  
 قريبة من تلك القواعد يمكن استعمالها في كثير من الصور

وحاصلها انه حيث كان نصف قطر الدائرة مساويا ١٠٠٠٠ كان طول  
 كل وتر حاصر لجزء من المحيط مساويا للاعداد الموجودة في هذا الجدول بقطع

النظر عن كسور الاحاد	
وتر نصف المحيط	٣٠٠٠٠٠
وتر ثلثه	١٧٢٣٨
وتر ربعه	١٤١٤٥
وتر خمس	١١٧٤٦
وتر سدس	١٠٠٠٠
وتر سبعة	٨٦٧٢
وتر ثمانية	٧٦٥٤
وتر تسعة	٦٨٤٠
وتر عشرة	٦١٨٠
وتر الجزء الحادى عشر	٥٥٢٤
وتر الجزء الثانى عشر	٥٥٧٦
وبهذا الجدول الصغير يسهل علينا إيجاد اقتراج البيكار اللازم لقسمة الدائرة الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يراد من ابتداء النصف الى الجزء الثانى عشر	
ثم يتحصل لنا قورا بواسطة الطريقة التى ذكرناها آنفا لاختلاف نصف القوس اقتراج البيكار الذى يطابق	
١٤ و ١٦ و ١٨ و ٢٠ و ٢٢ و ٢٤ و ٢٨ الخ اضعف	
٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١٤ الخ	
وبعد ان ينال الطريقة السهلة لقسمة القوس الى جزئين متساويين بمخشامة طويله عن قاعدة هندسية متينة تقسم بها هذا القوس الى ثلاثة اجزاء متساوية فلم نعتربها	
(بيان استعمال اقواس الدائرة في قياس الزوايا)	
حيث كانت الزوايا قابلة للزيادة والنقصان امكن جعل احداها وحدة المقياس والاستدلال على سائر الزوايا الاخرى بامدالة على عدد المرات التى تحتوى عليها	

هذه الزاوية واقسامها (راجع الدرس الاول)

وعوضا عن جعل زاوية  $\hat{A}$  (شكل ١٦) وحدة المقياس  
استحسن اخذ قوس  $\widehat{AB}$  الواقع بين ضلعي الزاوية والمرسوم من نقطة  
ش المركزية

ومما سهل علينا مشاهدته اننا اذا رسمنا عدة انصاف اقطار مثل  $\widehat{A}$   
و  $\widehat{B}$  و  $\widehat{C}$  و  $\widehat{D}$  على ابعاد بحيث تكون فيها زوايا  
 $\hat{A}$  و  $\hat{B}$  و  $\hat{C}$  و  $\hat{D}$  متساوية امكن وضع هذه  
الزوايا على بعضها فاذا تكون اقواس  $\widehat{AB}$  و  $\widehat{CD}$  و  $\widehat{DE}$   
المنطبقة انطباقا كلييا على بعضها متساوية

فاذا اخذنا اثنين او ثلاثة او اربعة من الزوايا المتساوية للاحد لتؤلف منها  
زاوية واحدة فانه يلزم ان نأخذ ايضا مرتين او ثلاثا او اربعة القوس المطابق  
لاجل تحصيل القوس المظروف في الزاوية الجديدة ونشاء على ذلك يكون هذا  
العدد الاعلى عدد مرات احتواء هذه الزاوية الجديدة على وحدة مقياس  
الزوايا ويدل ايضا على عدد مرات احتواء القوس المطابق لهذه الزاوية الجديدة  
على وحدة مقياس الاقواس

ويمكن بدون تغيير هذه الاعداد ان نأخذ قياس الزوايا والاقواس على حسب  
ما يراد وقد استحسن في ذلك استعمال الاقواس وهالك كيفية العملية

وهي ان تقسم الدائرة الى اربعة اجزاء متساوية فينشأ عنها اربعة ارباع من  
المحيط تستعمل قياسا للزوايا الاربعة القائمة التي تشتمل على سائر المسافات  
الموجودة حول نقطة ش المركزية

ثم تقسم كل ربع الى تسعين جزءا متساوية تسمى بالدرجات  
فاذا كان يكون محيط الدائرة محتويا على ٩٠ اربع مرات او على ٣٦٠  
درجة ويظهر ان هذه القسمة غير مستحسنة بالنظر للطريقة الاولى بل لالعلاقة  
بينها وبين القسمة على ١٠٠ او ١٠٠٠ الخ ومع ذلك فيترتب عليها

فوا تذكيرة منها انهم اتقسم المحيط الى اجزاء متساوية يستعمل في علمها باعداد

مهيضة ولذا يرى ان نصف المحيط يساوى ١٨٠ درجة والثلاث

والربع والخمس والسادس والتين والعشر  
٩٠ ٧٥ ٦٠ ٤٥ ٣٠ ١٥

والجزء الثاني عشر والثامس عشر والعشرون والرابع والعشرون

والثلاثون والسادس والثلاثون الخ من درجات المحيط

ولاجل قياس الاجزاء التي هي اقل من درجة تقسم الدرجة الى ٦٠ جزءا  
متساوية تسمى بالدقائق

ولاجل الاكتفاء باقيسة دقيقة تقسم الدقيقة الى ٦٠ ثانية والثانية الى  
٦٠ ثالثة والثالثة الى ٦٠ رابعة وهلم جرا

ويحتوى محيط الدائرة على ٢١٦٠٠ دقيقة او على ١٢٩٦٠٠٠  
ثانية او على ٧٧٧٦٠٠٠٠ ثالثة او على ٤٦٦٥٦٠٠٠٠٠ رابعة

وحينئذ لا تكون الثانية جزءا من مليون من المحيط وكذلك الرابعة لا تكون ربع  
جزء من الف من المحيط

\*(اجراء العملية في علم الجغرافيا)\*

قد استعمل الجغرافيون في اخذ مساحة الارض عملية تقسيم الدائرة الى  
درجات ودقائق وثوان وهلم جرا

فرا وان الخطوط المرسومة من الشمال الى الجنوب وكذلك الخطوط المرسومة  
من المشرق الى المغرب تقرب من الدوائر قر باجيذا وقد عسموا هذه الدوائر الى  
درجات ودقائق وثوان وهلم جرا

وهالبيان طول هذه الاجزاء بالنظر لتقسيم الدائرة القديم  
مقدار محيط الارض المقاس على خط نصف

التهار ٤٠٠٠٠٠٠٠ متر

الدرجة الواحدة تساوي	١١١ ١١١	مترا
الدقيقة الواحدة تساوي	١٨٥٢	مترا
الثانية الواحدة تساوي	٣٠٨	امتار
الثالثة الواحدة تساوي	$\frac{1}{4}$	مترو بعض شئ
واما على المذهب الجديد فتكون الدرجة جزءاً من مائة من ربع المحيط والدقيقة جزءاً من مائة من الدرجة والثانية جزءاً من مائة من الدقيقة وهلم جرا وعلى ذلك تكون هذه الاجزاء بالنظر الى دائرة خط نصف النهار الارضى هكذا		
الدرجة الواحدة تساوي	١٠٠٠٠	متر
الدقيقة الواحدة تساوي	١٠٠٠	متر
الثانية الواحدة تساوي	١٠	امتار
الثالثة الواحدة تساوي	١	دسمتر
الرابعة الواحدة تساوي	١	ملتر

\*(بيان تقسيم الدائرة المستعمل في تركيب الآلات)\*

تقسيم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية من العمليات الضرورية في كثير من الفنون لاسيما في صناعة الآلات كرسم الطائرات المضرة اللازمة للتعشق والاسطوانات المعدة للغزل الميكانيكي كالقطن والكتان والتيل ونحو ذلك وبقدر الاعتناء باجراء هذه العمليات قلّة وكثرة تختلف سهولة الحركات المتولدة من التعشق وصعوبتها فلا بد من الضبط الهندسي لانه لا يمكن مجانبته ضعف القوة ووقوفها وانعدامها الا به حيث ان ذلك كله لا يحدث الا عن عدم انتظام حركة الآلات وعدم صحتها

ومن المهم ككون ارباب الصنائع لا يستعملون الطائرات المضرة والاسطوانات المحوفة بدون ان يعرفوا هل هذه الاضرار والتجويبات تقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية ام لا ومعرفة ذلك هي التي تكسب صانعي الآلات قوة في طرق صناعاتهم وقد حصل للصناعة القرفذواوية

في ذلك وفرع عظيم من القوى المنقولة حتى بلغت محصولاتها انقضى الدرجات  
بعد ان كانت محتاجة الى اتقان الصناعة

(بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا) \*

يستعمل لقياس الزوايا عدة من الآلات التي تكون فيها الدائرة منقسمة الى  
درجات و اجزاء درجات قتها المنقلة وهي اسمها واكثرها استعمالا  
وهي نصف دائرة من النحاس والعاج محيطها مدرج فان كانت من النحاس  
كان جزء م د ح ث (شكل ١٧) ظاهرا يينا وكان مركز ث  
معينا بقطعة صغيرة وفيه ايضا قطعتان صغيرتان وهما م و ح يبينان  
نقطتين احريين من قطر م ث ح المرسوم على المستوى الخفي اخفا بمحكما  
بواسطة جانب م ث ح من الجزء المستقيم الدال على القطر وان كانت  
الالة المذكورة من العاج فلا تحتاج للقطع المذكورة لان الرسم يظهر من  
سمكها وهذا من افوائد العظيمة

ونستعمل الالة المذكورة لاخذ اقتراب اي زاوية كانت كزاوية  
س و ص ونقله الى وضع اخر

واذا اردت رسم مستقيم مثل س ا ص المار بنقطة ا المفروضة الذي  
حدث منه ومن مستقيم ه ب د المعلوم زاوية مشتملة على عدة درجات  
مثل ا ب فاننا نضع المنقلة بالتوازي جهة نقطة ا بشرط ان يكون  
مركز ث دائما على ه د وكذلك نقطة د الدالة على عدد درجات  
زاوية ا ث ب ومتى اتصل خط م ر ن الذي هو قاعدة المنقلة  
الموازية لقطر م د بنقطة ا فان هذا الخط يستعمل مسطرة لرسم  
خط س ص المطلوب حيث ان لهذه القاعدة سمكها ظاهرا

(الغرافومتر) \*

هي آلة عند المساحين مضاهية للمنقلة ومؤلفة مثلها من نصف محيط  
مقسوم الى عدة درجات غير انها اكبر منها وهي موضوعة على رجل لها

ثلاثة فروع وعلى اطراف نصف محيطها المدرج الواح صغيرة من الخماس  
وفيها انفرج مستقيم عمودي على مستوى الدائرة وبواسطة الانفرجين الذين  
يطلق عليهما اسم العيون عند الوقوف خلف احدهما والنظر الى الآخر يدير  
الغرافومتر الى ان نصير في الاتجاه الصحيح لغرض معلوم والقطر المتحرك حول  
المركزه ايضا عينان فتدير من النقطة التي اذا نظرنا فيها بواسطة الانفرجين  
نجد غرضا ثانيا في هذا يظهر لنا قياس الزاوية المؤلفة من خطين مستقيمين  
مارين بمركز الغرافومتر وبغرضين محدودين كل على حدته ونجد فوق مدرجات  
الآلة الدرجات التي تقص للقطر بين وهذا العدد هو مقدار الزاوية  
المطلوبة

وهناك آلات اخرى صالحة لقياس الزوايا غير انها ليست الاربع الدائرة  
المدرجة وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المربعة واخرى ليست الاسدسها  
وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المسدسة واخرى ليست الا الثمن وهي التي  
يطلق عليها اسم الآلات الثمينة وتستعمل جميع هذه الآلات في عمليات علم  
الجغرافيا اي مساحة الارض وفي عمليات الملاحة لاجل قياس الوضع  
الخصوصي للاجسام الارضية والكواكب عند ركوب البحر  
ويستعمل لذلك الدوائر الكاملة التي تسمى باسم الدوائر المكررة لانه يكرر فيها  
المحفوظات بحيث ان الغلطات المتنوعة التي يمكن حصولها في العمليات  
المختلفة يمكن اصلاح بعضها فيقل مجموعها

وبقطع الطرق عن العيوب اللازمة لتركيب هذه الآلات يوجد فيها غلط اصلي  
من حيث عدم تساوي تقسيمات الدائرة لانه لا يمكن ليد الانسان ان تصل  
الى هذه التقسيمات كما يتصورها عقل المهندس اعني مع الصحة الدقيقة بل  
انه ينقص الغلطات الخفية بان يبحث عن معرفتها بواسطة الآلات التي تجعل  
الغلطات اليسيرة محسوسة ظاهرة

\*(بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر)\*

قد صنعوا آلات معدة لتقسيم الدوائر مع غاية السرعة والضبط وكيفيتها



انهم يرسون على لوح مثلاً كثيراً من الدوائر المتعدة المركز ولاجل الانتقال من الدائرة الصغرى الى الدائرة الكبرى يقسمون بالتوالي الاولى الى ثلاثة اجزاء متساوية والثانية الى اربعة والثالثة الى خمسة والرابعة الى ستة والخامسة الى سبعة وهلم جرا

ويجب مزيد التدقيق والاهتمام في القسمة الاولى واختبارها عدة مرات بواسطة احدى القواعد التي ذكرناها آنفاً

فاذا افترضنا الآن ان المطلوب تقسيم دائرة اخرى اوجزء دائرة الى اجزاء متساوية فانه ينبغي وضع هذه الدائرة الجديدة على وجه بحيث يكون مركزها على محور واحد مع جميع الدوائر المدرجة (وفي هذه الحالة ينبغي للمعلم ان يرسم الالة مع مشاهد الالة المعدة للتقسيم)

ولا تكون هذه العملية مضبوطة الا اذا كان مركز القطعة المراد تقسيمها بالدرج موضوعاً على المركز المشترك بين الدوائر المدرجة قبل ذلك وقد عرف مسيو غنبي الصانع الشهير الفرنسي بواسطة الاستعمال السهل للموازيات طريقة تدارك الضرر وتقسيم المحيط الذي ليس متحد المركز مع اللوح المقسوم سابقاً مع غاية الضبط

ولنفرض ان **ا ث ب** هي القطعة التي يراد عليها رسم قوس الدائرة الذي هو **ا ب** المنقسم الى درجات موافقة بالكمية لدرجات اللوح وان

مستطيل **ش م ن ح خ** الزايات يكون موضوعاً على وجه بحيث يكون ضلعاه **الذان** هما **ش م** و **ح خ** متجهين دائماً جها

مركز **ث** من قطعة **ا ث ب** المراد تقسيمها ولا يكون هذان الضلعان متحركين الا بالتوازي لموضعهما الاصلي وحين يدور اللوح بكمية

ككدية ٥٠ درجة فان ضلع **و ث** يتحول الى **و ش** ا وضلع **ث ب**

يتحول الى **ش** وتكون زاوية **ا ث ش** مساوية ٥٠ درجة لكن في هذا التحويل لا يوجد تغير في اتجاه مستطيل **ش م ن ح خ** التحول

الى هذه الحركة ويكون خط  $\overline{ح خ}$  دائما على مستقيم واحد مع مركز القوس وهو  $\overline{ث}$  فينتج اذن صور  $\overline{ن ا}$  اولاد  $\overline{ا ل}$   $\overline{ح}$  يمين على قطعة  $\overline{ا ث}$  عدة نقط متساوية البعد من نقطة  $\overline{ث}$  المركزية اعني قوس الدائرة التي مركزها  $\overline{ث}$  ثانيا اذا دار السطح درجة واحدة فان  $\overline{د ا ل}$   $\overline{ح}$  يسيرا يصاد درجة واحدة على القطعة المراد قسمتها  
 \*(الدرس الرابع)\*

في بيان الاشكال المتنوعة التي يمكن جعلها المحصولات الصناعة بواسطة الخط المستقيم والدائرة

قد روي جسد في الاشكال المستوية بخطوط مستقيمة اشكال منتظمة وغير منتظمة وبسيطة ومركبة ولنقتصر على تعريف الاشكال المستعملة كثيرا عند ارباب الفنون فنقول

لا يمكن ان الخطين المستقيمين المتوازيين او غير المتوازيين يملآن بالكلمية مسافة

واقل ما يلزم لتحصيل هذه النتيجة ثلاثة خطوط غير متوازية ويطلق اسم المثلث المستوي على المسطح المملوء بثلاثة خطوط مستقيمة ولا بد ان يميز في كل مثلث كمثلث  $\overline{ا ب ث}$  (شكل ١) اضلاعه الثلاثة التي هي  $\overline{ا ب}$  و  $\overline{ب ث}$  و  $\overline{ث ا}$  وزواياه الثلاثة ورؤوسها الثلاثة التي هي  $\overline{ا}$  و  $\overline{ب}$  و  $\overline{ث}$

وفي زوايا كل مثلث خاصية شهيرة للفنون وهي ان مجموعها يساوي دائما زاويتين قائمتين اي ما كان عظم المثلث وشكله

ولاجل البرهنة على ذلك (شكل ٢) نمد ضلع  $\overline{ا ب}$  الى  $\overline{ب ه}$  ونجعل  $\overline{ب د}$  موازيا لخط  $\overline{ا ث}$  وحيث كان متوازيا  $\overline{ا ث}$  و  $\overline{ب د}$  مقطوعين بمستقيمي  $\overline{ا ب ه}$  و  $\overline{ب ث}$  تحصل معنا اولاً ان زاوية  $\overline{ث ا ب}$  تكون مساوية لزاوية  $\overline{د ب ه}$  ثانياً ان زاوية

أثبت تكون مساوية لزاوية  $\widehat{ب د}$  فإذا ن يكون مجموع  
 ١  $\widehat{ب د}$  التي هي زوايا مثلث  $\widehat{أ ب د}$  الثلاثة مسطوية  
 لمجموع زوايا  $\widehat{أ ب د}$  و  $\widehat{ب د و}$  و  $\widehat{د ب ه}$  الثلاثة التي  
 تشغل جميع المسافة من جهة مستقيم  $\widehat{أ ب ه}$  بمعنى أنه يساوي زاويتين  
 قائمتين

ومن الآن فصاعدا متى أمكن معرفة زاويتين من المثلث أمكن معرفة الثالثة  
 وبكفي لذلك الجمع والطرح

ولنفرض مثلاً أن مقدار إحدى هاتين الزاويتين  $\frac{9}{4}$  والآخرى  $\frac{9}{4}$   
 فإذا أضفنا ٤٩ الى ٣٧ كان مجموعهما ٨٦ درجة فإذا طرحننا  
 هذا المجموع من زاويتين قائمتين أو من  $\frac{180}{1}$  كان الباقي ٩٤ درجة  
 فإذا نكورد الزاوية الثالثة مساوية ٩٤ درجة

وحيث أن مجموع ثلاث زوايا كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين ينبغي أن  
 إحدى الزوايا تساوي صفراً أعني أنها تكون معدومة بالكلية حتى يصير  
 الزاويتان الآخرتان قائمتين فإذا لا يكون المثلث محتويًا إلا على  
 زاوية قائمة

ومن باب أولى لا يكون في مثلث  $\widehat{أ ب د}$  (شكل ١) الزاوية  
 منفرجة كزاوية  $\widehat{أ}$  أعني أنها أكبر من زاوية قائمة وهذا ما يسمى بالمثلث  
 المنفرج الزاوية

ويمكن أن تكون زوايا مثلث  $\widehat{أ ب د}$  الثلاثة حادة (شكل ٢)  
 فيطلق عليه اسم مثلث حاد الزوايا

ومثلث  $\widehat{أ ب د}$  قائم لزاوية (شكل ٢٣) هو الذي يحتوي على زاوية قائمة  
 مثل  $\widehat{ب}$  ووتر الزاوية القائمة الذي هو  $\widehat{أ د}$  هو الضلع الأكبر المقابل  
 لهذه الزاوية

وللقابل الآن أضلاع المثلث ببعضها فنقول

حيث ان الخط المستقيم هو اقصر بعد يصل بين نقطتين تحصل لنا من ذلك انه في كل مثلث يكون الضلع الواحد اصغر من مجموع الضلعين الاخرين

والضلع الاكبر هو  $\overline{ا ب}$  من ضلعي المثلث اللذين هما  $\overline{ا ب}$  و  $\overline{ا ث}$  هو المقابل للزاوية الكبرى وهي  $\overline{ب}$  من هذا المثلث (شكل ١)

ولذا نأخذ  $\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$  و  $\overline{ا ث} = \overline{ا ث}$  ثم نمد  $\overline{ب}$

و  $\overline{ث}$  فتكون زوايا  $\overline{ا ب}$  و  $\overline{ا ب}$  و  $\overline{ا ث}$  و  $\overline{ا ث}$

و  $\overline{ا ث}$  متساوية وزيادة على ذلك تكون زاوية  $\overline{ا ب}$  اكبر

من زاوية  $\overline{ا ب}$  وزاوية  $\overline{ا ث}$  اصغر من زاوية  $\overline{ا ث}$

فاذن تكون زاوية  $\overline{ا ب}$  اكبر من زاوية  $\overline{ا ث}$

(شكل ٣) المثلث المتساوي الاضلاع هو ما كانت اضلاعه الثلاثة متساوية

كمثلث  $\overline{ا ب ث}$

(شكل ٤) المثلث المتساوي الساقين هو ما كان فيه ضلعان متساويان فقط

كمثلث  $\overline{ا ب ث}$

فاذا اعتبرنا ضلعي  $\overline{ا ب}$  و  $\overline{ا ب}$  المتساويين (شكل ٤) مائلين

بالنسبة لقاعدة  $\overline{ا ب}$  فان عمود  $\overline{ث د}$  يقع على منتصف هذه القاعدة

ويقسم المثلث الى جزئين متساويين ويكون تماثلهما مثبتا لتعريف انتظام

المثلث المتساوي الساقين

ولاجل تكميل قوانين التماثل بسقف البناءون اغلب البيوت والعمارات العامة

بسطح جانبيه مثلث متساوي الساقين وقد كان هذا المثلث منفرج الزاوية

في هياكل اليونان القديمة وفي بيوت ايطاليا (شكل ٥) وحاد الزوايا

في سقف النواويس والعمارات الغوطية القديمة (شكل ٦)

واذا اريد رفع الاحمال يستعمل لذلك آلة تسمى بالملف اي آلة الجدي (شكل ٧)

وهي مركبة من قطعتي خشب متحدتي الطول ومتصلتين من احد طرفيهما  
في نقطة  $\theta$  ومنفصلتين من الطرف الاخر بعارضة  $AB$  ويمر الحبل  
المستعمل لرفع حل  $D$  ببيكرة ثابتة في نقطة  $\theta$  ويكون مثلث  $AB\theta$   
الدارلول عليه بالآلة الجدي متماثلا اي متساوي الساقين فاذن يكون العمود  
النازل من نقطة  $\theta$  على قاعدة  $AB$  قاسما لتلك القاعدة الى قسمين  
متساويين  
ويحتاج غالبا في القنون الى رسم مثلث يعلم منه بعض اجزاء وهالك كيفية  
العمل

اولا اذا عرفنا ثلاثة اضلاع يعبر عنها برقم ١ و ٢ و ٣ (شكل ٩)  
فاننا نبدأ برسم خط مستقيم كخط  $AB$  مساو لضلع ٣ في الوضع الذي  
ينبغي فيه رسم المثلث ثم نرسم من نقطة  $A$  المعتبرة مركزا بواسطة انفرج  
بيكار مساو لضلع ٢ قوس الدائرة الذي هو  $CD$  ونرسم من نقطة  
 $B$  المعتبرة مركزا ايضا بواسطة انفرج بيكار مساو لضلع ١ قوس  
الدائرة الذي هو  $C$  ثم نمد من نقطة  $\theta$  التي يتقاطع فيها القوسان  
مستقيمي  $\theta A$  و  $\theta B$  فيكون  $AB\theta$  هو المثلث  
المطلوب

ثانيا متى علم ضلعان كضلعي ١ و ٢ وزاوية  $A$  (شكل ١٠)  
فاننا نبدأ برسم خط  $AB$  المساو لضلع ٢ في وضع لائق ثم نرسم بالآلة  
معدة لقياس الزوايا (كالمنقلة والبيكار وغيرهما) خط  $AC$  بشرط  
ان تكون زاوية  $BAC$  مساوية لزاوية  $A$  ونجعل  $AC$   
مساويا لـ  $AB$  وبالجله اذا مددنا مستقيم  $B\theta$  حدث المثلث  
المطلوب

ثالثا متى علم ضلع ١ وزاويتا  $A$  و  $B$  اللتان رأسهما في نهايتي هذا  
الضلع (شكل ١١) واريد رسم المثلث فاننا نرسم خط  $AB$  مساويا

ا ثم نرم على التوالي بواسطة آلة معدة لنقل الزوايا مستقيمي ا ب  
و ب ث اللذين يحدث منهما مع خط ا ب زاويتا ا و -  
فاذن يكون ا ب ث هو المثلث المطلوب

وحيث كانت هذه العمليات وجيزة بالكلية وجب على المدرسين تكرارها  
في اغلب الاوقات للطلبة بواسطة المسطرة والبيكار

وقد ذكرنا آنفا لرسم المثلث ثلاث صور اولا يفرض ثلاثة اضلاع معلومة  
ثانيا يفرض ضلعين والزاوية الواقعة بينهما ثالثا يفرض زاويتين والضلع  
المتحصر بين رأسيهما وقد وجدنا هذه المقروضات كافية في كل صورة

فاذن ينتج اولا انه اذا تساوت اضلاع المثلثين مثني مثني كان هذان المثلثان  
متساويين وهذا هو المثلث المرسوم بواسطة المقروضات في مواضع  
مختلفة

ثانيا اذا كان ضلعان من اضلاع المثلثين والزاوية الواقعة بينهما متساوية  
في المثلثين المذكورين من كتابنا الجهتين كان المثلثان متساويين  
ثالثا اذا كانت زاويتان من زوايا المثلثين والضلع الواقع بينهما متساوية من  
كتابنا الجهتين فان المثلثين يكونان متساويين

فاذن (شكل ٨) اذا كان مثلثا ا ب ث و ا ب ث متساويين  
تقول

اذا فرضنا في النتيجة الاولى ان ا ب يساوي ا ب و ب ث يساوي  
ب ث و ا ث يساوي ا ث وفي الثانية ان ا ب يساوي ا ب  
و ب ث يساوي ب ث وزاوية ب تساوي زاوية ب وكان  
كل من زاويتي ب و ب منحصرا بين ا ب و ب ث و ا ب  
و ب ث وفي الثالثة ان ا ب يساوي ا ب وزاوية ا تساوي  
زاوية ا وزاوية ب تساوي زاوية ب فان ذلك يستلزم ما يأتي

وهو ان ارباب الصنائع يتذكرون دائما هذه الشروط الثلاثة الخاصة بتساوى  
المثلثات ويستعمل هذا التساوى بكثرة في عمليات الصناعة وفي براهين الهندسة  
والميكانيكة

فاذا اقتد احد الشروط الثلاثة التي بمقتضاها يكون المثلثان متساويين لم يمكن  
تساوى هذين المثلثين حيث ان في احدهما زاوية او ضلعا لا مساوي له في  
المثلث الاخر ويجب علينا اذا اردنا ممارسة القنون بطريقة واضحة ان نعرف  
بإشارات سهلة الشروط اللازمة لكل عملية وبهذه الشروط لا يحصل الغلط  
في العملية بل يكون وجودها دليلا على صحة تلك العملية

\*(بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة)\*

هناك اشكال مثل ا ب ث د (شكل ١٢) مغلوقة غلقا محكما  
بواسطة اربعة خطوط مستقيمة لها اربع زوايا واربعة رؤوس مثل ا و ب  
و ث و د

ويطلق اسم قطري الشكل على خطي ا ب و ب د المستقيمين اللذين  
يصلان رؤوس الزوايا المتقابلة ببعضها  
والاشكال التي لها اربعة اضلاع تختلف في الانتظام

فشيبه منحرف ا ب ث د (شكل ١٣) هو شكل له اربعة اضلاع  
اثنان منها متوازيان كضلعي ا ب و ث د

وقد يكون شبيه المنحرف مستطيلا (شكل ١٤) اذا كان الضلع الثالث  
الذي هو ب ث عمودا على ضلعي ا ب و ث د المتوازيين

ويكون شبيه منحرف ا ب ث د (شكل ١٥) متماثلا اذا كان  
ضلعا ا د و ب ث غير المتوازيين مائلين على حد سواء بالنسبة  
للضلعين الاخرين

ويتركب السطح بالنظر لابعض العمارات المنتظمة من مثلث متساوي

الساقين كثلث م د ث (شكل ١٥) في الجزء الاعلا من هذا السطح ومن شبيهه منحرف متماثل مثل ا ب ث د في الجزء الاسفل منه وهذا ما يسمى بالفرنساوية مناسرد اخذ من اسم مناسرد البناء المخترع لهذا السطح ويكون منتصب م ه ف خط تماثل المثلث وشبيهه المنحرف المذكورين

ومتوازي الاضلاع (شكل ١٦) هو ما كانت اضلاعه الاربعة موازية لبعضها اثنين اثنين

\* (بيان اجراء العمليات) \*

متوازي الاضلاع هو الذي يستعمل دائماً في الفنون وبكثرة في تركيب الآلات لتحصيل ما يطلق عليه اسم الحركة المتوازية

وعلى حسب خواص المتوازيات التي ذكرناها في الدرس الثاني تكون زوايا متوازي الاضلاع المتقابلة اعني زاويتي ا و ث من جهة وزاويتي د و ب من جهة اخرى متساوية ويكون اثنتان منها حادتين واثنتان منفرجتين وزيادة على ذلك اذا أضفنا زاوية حادة الى زاوية منفرجة كان مجموعهما مساوياً لزاويتي قائمتين

وبناء على ذلك اذا مددنا الى ث ه (شكل ١٦) ضلع د ث وكان مستقيماً ا د و ب ث متوازيين فان زاوية ا د ث تكون مساوية لزاوية ب ث ه وزاويتي د ث ب و ب ث ه يساويان زاويتي قائمتين

وحيث اثبتنا (في الدرس الثاني) ان المتوازيين المنحصرين بين متوازيين آخرين متساويان ينتج من ذلك ان اضلاع متوازي الاضلاع المتقابلة تكون

متساوية فاذن ا ب يساوي ث د و ا د يساوي ب ث ونقطة و التي يتلاقى فيها قطرا الشكل موجودة في منتصف كل



منهما

وبيانه ان يقال حيث ان اوث و دوب (شكل ١٦) هما  
قطرا الشكل يكون مثلثا ابو و دشو متساويين وذلك  
لانه اولا اب = دث \* ثانيا زاوية ودث = زاوية  
وبأ \* ثالثا زاوية وئد = زاوية واب على حسب  
خواص المتوازيات فاذن وب = ود و وا = وئ  
واكبر قطري الشكل اللذين هما اث و بد (شكل ١٧) هو  
ما كان مقابلا لزاويتي ب و د اكبرين وهو اث كما سبق  
وبيانه اننا اذا رسمنا خطي ده و ثف عمودين على ضلعي اب  
و ثد فان هذين العمودين يكونان متساويين ولكن ه ب اصغر  
من اف فاذن يكون دب اقصر من مائل اث  
ويطلق اسم المعين على متوازي اضلاع ابثد (شكل ١٨) الذي  
اضلاعه الاربعة متساوية وهذا الشكل ظريف بسبب انتظامه وهو كثير  
الاستعمال في فنون الزينة  
فاذا كان ضلعان من متوازي الاضلاع على شكل زاوية قائمة فان اضلاعه  
الاربعة تكون كذلك  
وبيان ذلك انه اذا كانت زاوية آ (شكل ١٩) قائمة في متوازي  
اضلاع ابثد كان ضلع اد عمودا على ضلع اب وكذلك  
بث بالنسبة لضلع اب وكانت زاويتي ا و ب قائمتين  
وكذلك زاويتي د و ث المساويتان لهما  
وفي هذه الحالة يطلق على الشكل اسم المستطيل (شكل ١٩) وهو الذي  
يكون فيه ايضا اث و بد اللذان هما قطرا الشكل متساويين

ولاجل البرهنة على ذلك يكفي ان نلاحظ ان مثلثي  $\Delta$  و  $\Delta$   $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  القائمي الزوايا متساويان \* اولا لان زاوية  $\Delta$  القائمة تساوي زاوية  $\Delta$  القائمة \* ثانيا لان ضلع  $\Delta$  مشترك بين المثلثين فيكون متساويا بالنظر لكل منهما \* ثالثا لان ضلع  $\Delta$  من زاوية  $\Delta$  في المثلث الاول يساوي ضلع  $\Delta$  من زاوية  $\Delta$  في المثلث الثاني فاذا كان يكون ضلع  $\Delta$  الثالث من زاوية  $\Delta$  مساويا لضلع  $\Delta$  الثالث من زاوية  $\Delta$  وحيث ان يكون  $\Delta$  و  $\Delta$  قطري الشكل

وتكون الاضلاع الاربعة من مربع  $\Delta$   $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  (شكل ٢٠) متساوية وكذلك زواياه الاربعة

فاذا اختصرنا خواص الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة لزم ان نذكر الكيفيات الآتية التي ينبغي ان تكون راسخة في عقول الصنابية وهالك بيانها

ففي المربع تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة وكذلك اضلاعه الاربعة تكون متساوية ويكون قطرا شكله متساويين ايضا

وفي المستطيل تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة ويكون ضلعا الطويلان متساويين وكذلك ضلعا القصيران ويكون قطرا شكله متساويين ايضا

وفي المعين تكون اضلاعه الاربعة متساوية ويكون فيه زاويتان منفرجتان متساويتين وزاويتان حادتان متساويتين ايضا ويكون قطرا شكله غير متساويين

ويكون في متوازي الاضلاع ضلعان كبيران متساويين وزاويتان كبيرتان متساويتين وضلعان صغيران متساويين وزاويتان صغيرتان متساويتين ويكون قطرا شكله غير متساويين ويكون اكبرهما مقابلا للزاويتين الكبيرتين واصغرهما مقابلا للزاويتين الصغيرتين

\* (بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة) \*

اذا نينا جزأ من هذه الاشكال على جزء آخر مساو له فالتان يهرن اولا على ان شبيهه المخروف ذا الاضلاع المائلة المتساوية (شكل ١٥) يكون تماثلا بالنسبة لمستقيم هـ فالمرجنتصف قاعدتيه وثانيا على ان المستطيل (شكل ١٩) يكون تماثلا بالنسبة لكل خط مستقيم ممتد من منتصف الضلعين المتقابلين وثالثا على ان المعين (شكل ١٨) يكون تماثلا بالنسبة لاحد قطري شكله ورابعا على ان المربع (شكل ٢٠) يكون تماثلا بالنسبة لقطري شكله وبالنسبة لكل خط مستقيم مار بمنتصف اضلاعه المتقابلة ولهذا التماثل الموجود في الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة فائدة عظيمة في الفنون والميكانيكة

ومن المعلوم ان مجموع ثلاث زوايا من كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين

وايضا كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل ا ب ث د (شكل ١٢) يمكن تقسيمه الى مثلثين كمثلثي ا ب ث و ا ث د اللذين يكون مجموع الزوايا الثلاثة في كل منهما مساويا لزاويتين قائمتين وزيادة على ذلك يكون مجموع الزوايا الستة من هذين المثلثين مساويا لمجموع زوايا شكل ا ب ث د الاربعة فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل ذي اربعة اضلاع مساويا لاثنتين من الزوايا مضروبتين في مثلثهما اعني اربع زوايا قائمة

واذا وجد شكل خماس مثل ا ب ث د هـ (شكل ٢١) فانه يمكن ان نغذ من رأس ا مستقيمي ا ث و ا د الى الرأسي ث و د وبهذا ينقسم الشكل الى ثلاث مثلثات يكون مجموع زواياها التسعة مساويا

لمجموع خمس زوايا من شكل ا ب ث د هـ

فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل خماس مساويا لثلاث زوايا مضروبة في اثنتين اي لست زوايا قائمة

فإذا تتبعنا هذه الطريقة وجدنا مجموع الزوايا بالنظر لكل شكل له من الاضلاع  
 ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ مساويا لمجموع  
 ٢ و ٤ و ٦ و ٨ و ١٠ و ١٢ من الزوايا القائمة  
 \* (بيان ما يتعلق بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة) \*

يمكن مبروراي دائرة بروس مثلث  $AB$  الثلاثة (شكل ٢٢)  
 وكيفية ذلك ان نمد من  $A$  الذي هو منتصف  $AB$  خط  $AM$  و  $AO$  دألى  
 $AB$  ومن  $O$  الذي هو منتصف  $AB$  خط  $ON$  و  $AO$  دألى  
 $AB$  فتكون نقطة  $O$  التي يتلاقى فيها هذان العمودان على بعد واحد  
 من رؤس  $A$  و  $B$  و  $C$  الثلاثة فاذن تكون هذه النقطة مركز  
 الدائرة التي تمر بالنقط الثلاثة المذكورة

وكل مثلث رؤسه الثلاثة موضوعة على محيط الدائرة يسمى مثلثا مرسوما  
 في داخل الدائرة

ومتى كان المثلث قائم الزاوية (شكل ٢٣) اعنى متى كان فيه زاوية قائمة  
 كزاوية  $B$  فان نقطة  $O$  التي هي مركز الدائرة المارة برؤس المثلث  
 الثلاثة تكون في منتصف ضلع  $AC$  المقابل للزاوية القائمة وهذا الضلع  
 يسمى كما سبق بوتر الزاوية القائمة

وهذه الطريقة يسهل بها الوصول الى ايضاح هذه القاعدة

وهي انه في مستطيل  $ABCD$  (شكل ٢٥) يكون قطرا الشكل  
 متساويين وكذلك انصافهما المشار اليها بخطوط  $AO$  و  $BO$   
 و  $CO$  و  $DO$  التي يمكن جعلها انصافا لقطار الدائرة فاذن يمكن دائما  
 رسم مستطيل في داخل اي دائرة كانت (شكل ٢٥) وبناء على ذلك يمكن  
 ايضا رسم اي مربع داخل دائرة كافي (شكل ٢٦)

واذا علم مثلث  $ABC$  القائم الزاوية (شكل ٢٥) واريد رسم

مثلث  $\Delta$   $\overline{ا د ث}$  مساويا له رسمنا مستطيلا في الدائرة التي يكون مركزها في منتصف  $\overline{ا ث}$  فاذن يكون قطر الدائرة المارة برؤس  $\overline{ا}$  و  $\overline{ب}$  و  $\overline{ث}$  الثلاثة من مثلث  $\overline{ا ب ث}$  القائم الزاوية وهي نقطة  $\overline{ب}$  هو ضلع  $\overline{ا ب}$  الاكبر من هذا المثلث

وينتج من ذلك انه يمكن ان يكون كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل  $\overline{ا ب ث د}$  (شكل ٢٤) الذي زاويتاه المتقابلتان وهما  $\overline{ب}$  و  $\overline{د}$  قائمتان مرسوما في الدائرة التي تمر برؤس هذا الشكل الاربعة

ومن المعلوم ان قطر  $\overline{ا ث}$  يقسم هذا الشكل الى مثلثين قائمي الزوايا مرسومين في الدائرة التي قطرها  $\overline{ا ث}$  واما الاشكال التي تكون اضلاعها اكثر من اربعة فانها تسمى باسماء تدل على عدد زواياها و اضلاعها

مثلا للخمس من الاضلاع والزوايا  $\overline{ه}$  وللمسدس  $\overline{٦}$  وللمسبع  $\overline{٧}$  وللعثم  $\overline{٨}$  وهلم جرا

والذي يستحق الذكر من الاشكال التي يطلق عليها اسم كثير الاضلاع (اعني الاشكال التي لها عدة زوايا) هي الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة لانها كثيرة الاستعمال مع الاهتمام في الصناعة والاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة هي التي تكون جميع اضلاعها وزواياها متساوية

فعلى هذا التعريف اذا وجدنا نقطة  $\overline{ك}$  نقطة  $\overline{و}$  على بعد واحد من  $\overline{ا}$  و  $\overline{ب}$  و  $\overline{ث}$  التي هي رؤس كثير الاضلاع المنتظم وهو  $\overline{ا ب ث د ه ف}$  نقول انها تكون ايضا على بعد واحد من سائر الرؤس الاخر فاذن ينتج ان  $\overline{و ا} = \overline{و ب} = \overline{و ث} = \overline{و د}$  وهلم جرا

ويبان ذلك ان مثلثي  $\overline{أوب}$  و  $\overline{بوت}$  المتساويين السابقين  
متساويان حيث ان قاعدتيهما المشار اليهما بخطي  $\overline{أب}$  و  $\overline{بث}$   
متساويتان وكذلك اضلاعهما المتماثلة المشار اليها بخطوط  $\overline{وأ}$  و  $\overline{وب}$   
و  $\overline{وت}$  فتكون الزوايا المتماثلة مساوية  $\frac{1}{2}$   $\overline{ب}$  حيث ان مجموع  
الزاويتين المتوسطتين يساوي زاوية  $\overline{ب}$  ويكون مثلث  $\overline{وتد}$   
مساويا للمثلث  $\overline{وتب}$  لان ضلع  $\overline{وت}$  مشترك بينهما و  $\overline{تد}$   
يساوي  $\overline{تب}$  كمساواة اضلاع كثيرا لاضلاع المنتظم لبعضها وزاوية  
 $\overline{وتد} =$  زاوية  $\overline{وتب}$  لان احدي هاتين الزاويتين هي  
نصف مجموعهما ويبرهن بمثل ذلك على ان مثلثي  $\overline{وده}$  و  $\overline{وهف}$   
وكذلك ما اشبههم ما مساويان للمثلث الاول وبناء عليه يكونان متساويين  
السابقين فاذن تكون اضلاعهما المتماثلة التي هي  $\overline{وأ}$  و  $\overline{وب}$   
و  $\overline{وت}$  متساوية وعلى ذلك تكون نقطة  $\overline{و}$  على بعد واحد من سائر  
رؤس الشكل المنتظم فتكون حينئذ مركز الدائرة المارة بجميع هذه  
الرؤس  
وقد توجد هذه الدائرة متى امكن مرورها بالرؤس الثلاثة المذكورة وهذا  
ما يحصل دائما وينتج من ذلك انه يمكن دائما رسم دائرة يرسم داخلها شكل  
كثير الاضلاع المنتظم ولو بلغت اضلاعه في الكثرة ما بلغت  
وبالعكس اذا كان المعلوم دائرة وامكن ان يرسم في داخلها شكل كثير  
الاضلاع يكون عدد اضلاعه على حسب ما يراد يعني لذلك ان نقسم محيطها  
الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من الاضلاع في شكل كثير الاضلاع  
ونقسم نقط التقسيم الى بعضهم بواسطة الخطوط المستقيمة  
وقد ذكرنا في الدرس الثالث نسب الطول الحاصلة بين انصاف اقطار الدائرة  
وابعاد هذه النقط التي هي في الحقيقة اطوال اضلاع الاشكال  $\overline{كك}$  كثيرة

الاضلاع وهذا لا يوجد في ذلك صعوبة  
(تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة)  
يستعمل مهندسو الجهادية الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة في رسم  
استحكاماتهم المنتظمة بشرط ان يكون عددا اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع  
على حسب المحل المراد تحصينه ولا يستعملون الثلث المتساوي الاضلاع  
والمربع الا في الاستحكامات السفيرية ويستعملون الخمس والمسدس والمربع  
في الاحاطة بالاماكن الصغيرة والقلاع ويستعملون ايضا الاشكال التي  
عددها كثير في الاحاطة بالمدن العظيمة  
تطبيق الاشكال المتقدمة على التبايط وتلوين الاخشاب والقزاز  
والتزيين

الغرض الاصل من المسئلة المستعملة عادة في هذه الاشكال هو كونها  
تملاء فراغا باشكل منتهية بخطوط مستقيمة ويعلم من ذلك ان هذه المسئلة  
قابلة لتحليلات عديدة على حسب التركيبات غير المتناهية للخطوط المستقيمة  
التي يمكن رسمها على اى مستوكان  
فاذا اردنا ان تكون جميع الاشكال منتظمة ويكون عدد الاضلاع واحدا  
صارت المسئلة مجمدة كثيرا ولا يمكن حلها الا بالاشكال الاتية وهي  
اولا المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل رؤسها ستة ستة بنقطة واحدة  
(شكل ٢٧)

ثانيا المربعات التي تتصل رؤسها اربعة اربعة بنقطة واحدة (شكل ٢٩)  
ثالثا المسدسات التي تتصل رؤسها ثلاثة ثلاثة بنقطة واحدة (شكل ٢٨)  
ولاجل البرهنة على هذه الدعاوى نذكر الجدول الآتي فنقول ان زوايا  
الشكل كثير الاضلاع المنتظم الذي له من الاضلاع

٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ يكون قدرها  
٦٠ و ٩٠ و ١٠٨ و ١٢٠ و ١٢٨  $\frac{2}{3}$

وزوايا الشكل الذي له من الاضلاع

٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ يكون قدرها

١٣٥ و ١٤٠ و ١٤٤ و  $١٤٧ \frac{٣}{١١}$  و ١٥٠

وبناء على ذلك تكون ٦ × ٦ و ٤ × ٩ و ٣ × ١٢

= ٣٦٠

واذا لم يقسم عدد اخر من اعداد الدرجات ٣٦٠ الى عدد صحيح الاجزاء فلا يمكن ملء الفراغ الموجود حول نقطة معلومة بزوايا اخر من زوايا كثير الاضلاع المنتظم وانما تملأ بزوايا الاشكال الثلاثية الاضلاع والرباعية والسداسية

تبينه اذا علمت المسافة التي حول نقطة مما (شكل ٢٧) بستة مثلثات متساوية الاضلاع فانه يتألف من الاضلاع الستة الخارجة مسدس منتظم مرسوم داخل دائرة انصاف اقطارها الاضلاع الداخلة وبناء على ذلك تكون اضلاع المسدس مساوية لنصف قطر الدائرة المرسوم داخلها وهذا من اعظم القوائد النافعة في الصناعة

ولان شوق لنا لكثرة الاشياء التي تتعلق بها آملنا في هذا الكتاب ان نخبر على وجه التفصيل عدة اشكال منتظمة ~~كثيرة~~ او قليلا تبعدت الفنون عند انضمامها الى بعضها نتائج عظيمة يتولد من مطالعتها ورسمها للتلامذة ملهكة وفطانة

واذا اقتضى الحال عمل التزيين او تلوين الاخشاب او التبليط الذي يشي عليه لزم ان لا تكون نقطة ما محل اجتماع الرؤس العديدة لانه اذا وضعنا على هذه النقطة قدما او جسما ثقيلا فانها تنقاد مع السهولة وقت الانضغاط وهذا هو الذي ينشأ عنه فساد صحة الصناعة وصلابتها

وبهذا الاستعمالون في الغالب تركيب المثلثات المتساوية الاضلاع التي تحصل



رؤسها ستة ستة بنقط متحدة

ويجيب اتصال رؤس المربعات اربعة اربعة بنقطة واحدة . .  
ومنى اردنا تغطية ارضية بالمربعات المتساوية فانه مهم بتنظيم تلك المربعات  
او المستطيلات بواسطة الصفوف المستقيمة وباتصال المربعات ببعضها  
على صف مقابل لمنصف مربعات النصف الثانى ونستعمل على حسب هذه  
القاعدة فى تركيب الابنية عادة احجارا منحوتة على مقتضى الصورة المطلوبة  
وموضوعة فى الوضع المعين فى (شكل ٣٠)

وكان الرومانيون فى الغالب يجعلون شكل المعين للاحجار والقوالب التى كانوا  
يشيدون بها اسوارهم وكافوا يطلقون على نوع هذا الشغل اسم البناء  
المروص (شكل ٣١) لان منظره يشبه الصف شها تاما

ولاستعمال شكل المسدس فى تبليط الاماكن منافع كثيرة (شكل ٢٨)  
وتتخذ النحل بيوتها على هيئة شكل المسدسات المنتظمة وخاصة هذا  
الشكل ان النحل تلاءم شكلها بقدر معلوم من الشجع

وكان القدماء يشيدون ابنيهم المتينة بكتل كبيرة من الاحجار المنحوتة على  
هيئة الاشكال كثيرة الاضلاع غير المنتظمة والى الآن يوجد كثير من هذه  
المبانى فى بلاد ايطاليا وجزيرة سيسيليا وبلاد اليونان كالمبانى التى يقال لها  
المبانى الصقلوية المعينة فى (شكل ٣٢)

وفائدة البناء بهذه الطريقة هى ان الكتلة الكبيرة المعدة لرفع الابنية تستعمل  
على حالتها الطبيعية بحيث لا يتقص من حجمها الاصل عند النحت الاثنى  
قليل جدا

وفى الرصيف الشهير الذى شيده الانكليز لوقاية ميناء مدينة بلوموتة من شدة  
نلاطم امواج البحر كسوا اعلاه ومنحدره الداخلى من الجزء الاعلى بقطع  
خليطة من المرمر معشقة ببعضها ومفضلة كالمبانى الصقلوية وبهذا التعشق  
لا يمكن ان البحر يدفع كتلة واحدة وانما يجعل كل كتلة من هذه الكتلة مقوية  
لصلابة الجميع

\* (بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرة) \*

اذ اتوعت الاشكال المولفة من خطوط مستقيمة امكن لنا ان نعرف كثرة هذا التنوع الموجود في الاشكال المولفة من اجزاء الخط المستقيم والدائرة

واسهل الاشكال المولفة ما تألف من نصف دائرة وقطرها كشكل الغرافومتر والمثمنة المستعملين لنقل الزوايا وكصورة الملاعب عند القدماء وشكل المدرجات المعدة للجمعيات العامة وللتعليم عند المتأخرين

ويكون الخطيب او المعلم في مركز  $\Gamma$  (شكل ٣٣) ويكون الناظرون مصطفين على انصاف دوائر متساوية البعد ويكون مركزها نقطة  $\Gamma$  وقطرها  $\overline{AB}$

فاذا رسمنا من نهايتي قطر  $\overline{AB}$  (شكل ٣٤) خطين عمودين على القطر المذكور فانهما يصيران مماسين في نقطتي  $A$  و  $B$  لنصف دائرة  $AMB$  واذا رسمنا ايضا في اي بعد خط  $HF$  المستقيم الموازي لخط  $\overline{AB}$  فانه انكامل شكلا مستعملا كثيرا في الفنون وهو شكل القباب والابواب المقوسرة وسميت بذلك لان انحناء القوسرة تام من سائر الجهات

واذا رسمنا في اصل مستطيل  $ABFH$  (شكل ٣٥) بواسطة نصف قطر  $\overline{AB}$  اولاً من نقطة  $A$  المعتبرة مركزاً لقوس  $\overline{BM}$  وثانياً من نقطة  $B$  المعتبرة ايضاً مركزاً لقوس  $\overline{AM}$  فانه يتحصل لنا الشكل الذي يكون على هيئة القباب التي يطلق عليها اسم القباب الحادة

وينتسب شكل القباب المقوسرة الى المباني اليونانية وكذلك الى المباني المتأخرة وينتسب شكل القباب الحادة الى المباني الغوطية ولكل من هذه المباني المتقدمة المستعملة باشكل هندسية متنوعة اشكال بعلامات خصوصية تميزها عن بعضها وكل منها جدير بالاعتبار ونجب ارباب الذوق

السليم ومستحق ان يكون الغرض الاصلى من المطالعة الجيدة نظر الظرافة اشكالها ومعادلتها لبعضها اولسدة علوها وصلابة تراكيمها

فاذا رسمنا في (شكل ٣٤) نصف دائرة على قطر **ه ف** فانه يحصل معنا محيط **ا م ب ف ن ه** الذى يكون سطحه كسطح الميادين التى اعدناها القدمات للمسابقة على الخيل ولهذا سميت ميادين **ملاعب الخيل** وكانت الحدود التى تدور حولها الخيالة موضوعة فى مركزى **ث و ش** اللذين هما مركزا الاجزاء المستديرة

ويستعمل المتأخرون لتشييد القناطر والعمارات قبائبا مقوصرة مركبة من عدة اقواس دوائر وهذا هو الذى يطلق عليه اسم القباب المصنوعة على صورة اذن القفص ويوجد في (شكل ٣٦) اقواس من الدوائر لها ثلاثة مراكز مشار إليها بنقط **و ح و خ** وسيأتى بيان ذلك فى الدرس الرابع

عشر

وهنا لنوضح من المباني الغوطية او المورسكية يحتوى على صناعة القباب بواسطة قوسى **ب د و غ ف** الصغرى من الخنجرين بالكلية (شكل ٣٧) الموصولين بمستقيى **د ه و ه ف** اللذين يتألف منهما زاوية منفرجة

وببلاد الانكايز كثير من المباني الغوطية المشيدة على وفق هذا النوع المتقدم وهى شهيرة بظرافة شكلها وشدة علوها ككنائس **هنرى الثامن** المشيدة فى مدينة **وستفستير** وكنائس **ترينيتيه** المشيدة فى **قبريج** وكنائس قصر **وندسور**

\*(بيان رسم تفصيل العمارات)\*

قد ابدع البنائون تركيبات بسيطة نفيسة من الدائرة والخط المستقيم لتزيين العمارات بالشكل المسمى **خراطة** ويستعمل قطاع الخشب والخجارون وخراطوا الاخشاب الرفيعة وصناع الآلات الاشكال المذكورة ويجب عليهم

ان يعرفوها حق المعرفة

واسهل هذه الاشكال هو الشريط المركب من خطين متوازيين قريبين من بعضهما ومنتهيين من اطرافهما بعمود واحد ويرى في (شكل ٣٨) شريط واحد كـ شريط  $\overline{AB}$  ويرى ايضا من نوع هذا الشريط عدة شرائط موضوعة فوق بعضها في (شكل ٣٩) الدال على عمود البناء الدوريق اليوناني المسمى بالشكل البستوي حيث انه يوجد في مدينة بستوم هيكل محاط باعمدة طريفة من هذا الشكل

ويضمون عادة الى ما بقى من العمارات شريطا واحدا بواسطة ربع دائرة  $\overline{B\Gamma}$  المماس لاسفل الشريط في نقطة  $\overline{B}$  ولضلع المنتصب من الحائط في نقطة  $\overline{\Gamma}$  ولضلع العمود المربع او العمود الجانبي الذي يراد رسمه

وكذلك يجعلون عادة فوق الشريط نصف دائرة بارزا يطل على بالفرنساوية

اسم البودين (شكل ٣٨)

ثم انهم يستعملون تارة ربع الدائرة المهدب الذي يطل على اسم ربع دور مثل  $\overline{AM}$  دون غيره (شكل ٤٠) ويستعملون تارة ربع الدائرة المحفوظ مثل  $\overline{AM}$  (شكل ٤١)

ويتألف الكعب من ربعي الدائرة اللذين هما  $\overline{AM}$  و  $\overline{BN}$  (شكل ٤٢) اذا كان نصف قطرهما واحدا وكان كل من مركزيهما

المشار اليهما بحرفي  $\overline{O}$  و  $\overline{H}$  موضوعا على منتصب واحد

ويتألف كذلك الحافر من ربعي الدائرة اللذين هما  $\overline{AM}$  و  $\overline{BN}$  (شكل ٤٣) اذا كان نصف قطرهما واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي  $\overline{O}$  و  $\overline{H}$  موضوعين على خط افقي واحد

وهذه هي المبادئ البسيطة التي يركب بها البناءون انواع القوسات

والأقارب والقواعد والرؤس الموجودة في كل من المباني القديمة والجديدة ولا ينبغي ان يعتقد ان تركيب هذه الاشكال يتيسر لكل من اراد يعني انه يمكن عمله بالصدفة والاتفاق او على حسب ما تقتضيه الاهواء الفاسدة الناشئة عن اختلال العقل بل يلزم ان يكون استكمال فن رسم تفصيل العمارات واجرائها المتنوعة ناشئا عن مراعاة قوانين التنوع والتباين وتجنب الزينة في البناء وعوضا عن التوسع في هذه الزينة ونشرها يلزم تركيبها بجملة بجملة ليسهل على النظر الا حاطة بها ويلزم ايضا فصل تلك الجمل عن بعضها بمسافات كبيرة مستوية وينبغي لنا ان نقابل في كل جملة الخراطات الرفيعة بالخراطات الكبيرة والاشكال المستقيمة بالاشكال المستديرة حتى نظهر من كل جملة الاشكال المكتملة بها وهذه هي القواعد الاصلية المستعملة في فن رينة المباني اعني القواعد التي لم يختص باستكشافها اعظم بناءى اليونان والاباطالين ولا باستعمالها في مبانيهم حيث وجدوها مستعملة مع الاتقان في المباني الطريقة الموجودة ببلاد مصر القديمة وفي العمارات الغوطية التي حصلت في القرون الوسطى وفي المساجد والسرائيات التي شيدها العرب ببلاد الاندلس في العصر الذي اظهر وافيته بهذه الايالة العلوم والفنون التي كانت معدومة وقتئذ فيما بقي من بلاد اوربا

وهناك عملية هندسية اكثر رفعا من النقش الظاهري ومن رسم الرينة الجانبية وهي معرفة مستوى العمارات ورسمه وقد ناول جميع الاشكال المستعملة عند البنائين الى شكل الخط المستقيم والدائرة وحيث نادر من الاحوال التي يحتاجون فيها الى اشكال دقيقة يسمون هذه الاشكال الى اجراء مستديرة كما سلفنا ذلك في القباب المقوصرة

واذا احتاج البنائون الى تشييد عمارة في فراغ متسع جدا وجب عليهم ان يتخبوا اشكالا منتظمة يسر الناظر كل من بساطتها واستوائها وتماثلها ويستدل بها على العظمة والنظام اللذين يوجبهما يشيد الانسان مبانيه

## وعماراته

والمختار من هذه الاشكال عموما هو المستطيل او المربع لانهما ينقسمان مع السهولة الى تقسيمات ثابوية متحدة الصورة لازمة للتقسيم وليس فيهما عيب سوى انهما لا يطابقان المحيطات المستديرة الداخلية الامع تضيق المسافة وحدوث اركان صغيرة مختلفة الشكل يلزم اخفاؤها عن النظر ومع ذلك لا تخلو هذه الاعيان عن فائدة وهي ان يبنى فيها سلام مخفية او مخازن للاشياء التي لا ينبغي اظهارها

ويجبر البناء في المدن التي تكون اراضيها غالية على ان يستخرج منفعة من الاراضي الضيقة ويرسم الاماكن المنتظمة رسما جيدا بقدر الامكان في شكل غير منتظم بالكلية وفي مثل هذه الاماكن تكون عادة تركيب الاشكال الهندسية مع بعضها مستعملة بكثرة عند ارباب الصناعة وبها يجدون اعظم التركيبات

ومن معلى البناء من يعتقد انه يجعل تلامذته ماهرين بان يعطيهم صورة عمارات بحيث لو بنيت لكانت مصاريفها تبلغ ملايين من الاموال ولو اراد الانسان ان يبنى على منوال تلك الصور لما تيسر له ذلك الا في سهول وهمة بمعنى ان ذلك متعذر فلذا ترى هؤلاء المعلمين يعودون تلامذتهم على زخرفة المباني المؤدية الى الاستهزاء والسخرية وعلى مصاريف كثيرة بتعذر حصولها فيما بعد عند الاهالي فمن ثم كان الاولى ان يعودوهم دائماً على انشاء رسم العمارات بشرط ان يتبعوا الاشكال المختلفة الممكن وجودها في داخل المدن التي يبوتهام تلاصقة وذلك لان الشبان لهم ملكة الابتداع والاختراع

\*(الدرس الخامس)\*

\*(في بيان الاشكال المتساوية والمتماثلة والمناسبة)\*

يكون الشكلان متساويين اذا كان احدهما موضوعا على الاخر وكان محيطاهما متحدتين بالكلية في جميع امتدادهما وقد اكتسبت الفنون من علم الهندسة عدة طرق متنوعة لرسم شكل مساو

لاخرو هذه مسئلة مهمة جداً وكثيرة الاستعمال في الصناعة  
ولذا اذا اقتضى الحال عمل اجسام من الخث او النقش او الزخرفة او غير ذلك  
فانه يلزم عمل قوالب واوانيك ~~تكون~~ ابعادها مساوية بالكلية لابعاد  
الاجسام المراد عملها

وقد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن بطريقة المتوازيات المتحدة في الطول  
مع غاية السهولة رسم شكل يكون مساوياً لآخر وموضوعاً على وجه بحيث  
تكون الخطوط المتقابلة في الشكلين متوازية

وبواسطة هذه العملية يظهر كثير من الغلط بقدر ما يكون للمتوازيات المراد  
رسمها من الطول بقدر تباعدها عن بعضها وينبغي ان يضاف الى اسباب هذا  
الغلط عدم ضبط المساطر والبيكات والحبال المستعملة في قياس الابعاد  
وعدم اتقان البراية الرفيعة كثيراً او قليلاً لاقلام الرصاص والريش واقلام  
الحدادول المستعملة عندهم وهم جرا

وقد تكون الطريقة التي يستعملها المهندس في صور كثيرة ايتحقق من  
تساوي شكلين مستعملة ايضاً عند الصانع في رسم شكل مساوياً لآخر ولندكر  
الآن الطريقة المعدة لوضع احدهذين الشكلين على الآخر وننظر هل  
احدهما يتجاوز الآخر في هذا الوضع بنقطة او لا فنقول

لنرسم شكل ا ب د الخ (شكل ١) على امتداد كامتداد م ن ح  
(شكل ١ مكرر) كقطعة قياس ننشر اولوح معدني او غير ذلك ونضع

شكل ا ب د على وجه بحيث يكون موجوداً على ا ب د

في م ن ح (شكل ١ مكرر) ثم نقسم م ن ح

على حسب اضلاع ا ب د و ر ت و فينتج لنا شكل ا ب د الخ

المساوي بالضرورة للشكل ا ب د الخ

وعوضاً عن كوننا نقسم الشكل الثاني بلا واسطة نرسم في الغالب بواسطة  
قلم الرصاص او الطباشير او الحبر او غير ذلك محيط ا ب د الخ مع مسلازمة

اطراف الشكل الاول ثم تقطع النظر عن الشكل الاول وترسم الشكل الثاني مع السهولة

وهذه هي الطريقة التي يصنع بها الخياطون ونحاتو الاجار والنحاسون والسكرية ومهندسو السفن وغيرهم من ارباب الصنائع شكلا مساويا لارنيك معلوم

\*(بيان طبع الرسم اى النقل بالقلم)\*

اذا لم يكن الشكل الاول مقطوعا على السطح الذي يشتمل عليه فلا يمكن استعمال الطريقة التي ذكرناها آنفا فان اذا كان الشكل المجهول ارنيكال يبلغ الغاية في اللطف فانه يمكن تطبيقه على م ن ح ح مع غرز سائر النقاط الشهيرة وهي ا و س و ث و د التي تصلها فيما بعد بخطوط مستقيمة وتعرز في بعض الاحيان الخطوط التامة التي ينبغي تحصيلها ثم تضرب بخزقة مملوءة من القلم المسحوق على الارنيك الذي يغطي م ن ح ح فنطبع الشكل الاول (وهذه هي كيفية طبع الرسم بالقلم) وتكون اجزاء القلم الصغيرة المارة بداخل كل ثقب دالة بكثرتها على سائر محيطات الشكل المراد تحصيله وقد وجد ارباب الصناعة طرقا اخرى لرسم صورة تامة بدون تلمس الارنيك

\*(بيان نقل الرسم)\*

لاجل عدم ثقب الرسم نضع فرخا من الورق الشفاف على الجسم المراد اخذ صورته ونضع بقلم الرصاص او بالمنقاش او الريشة او غير ذلك المحيطات المراد تحصيلها وهذا هو الذي يطلق عليه اسم نقل الرسم

\*(بيان تمثيل الاشكال)\*

يكون شكلا ا س د الخ و ا س د الخ (شكل ١ مكرر) متماثلين اذا كانت تقطعها المتقابله وهي ا و ا و س د و ث و ث الخ موضوعة على متوازيات يقطع منتصفها ع و د م ن واذا تينسا برواز م ن ح ح على م ن ح ح فن المعلوم



الخططة أ تنطبق على أ و د على ب الخ بحيث أنه إذا امكن  
طبع ا ر س د الخ على م ن ح خ فانه يظهر قيمة شكل  
ا ب د الخ المماثلة فاذن يمكن بواسطة المتوازيات والعمود الذي  
يقطعها من منتصفها رسم شكل ا ب د الخ مماثلة لشكل آخر مثل  
ا ر س د

(بيان تحصيل الاشكال المتساوية او المتماثلة بالثقت والطبع والتغرافيا)

\* (اي الطبع بالحجر) وغير ذلك \*

الغرض الاصلى من هذه الفنون هو ان نضع على لوح او سطح من الخشب  
او المعدن او الحجر وغيره من سائر الجواهر اشكالا لا يمكن نقلها بالدقة على  
سطوح آخر وينبغي لنا ان نلاحظ ان الشكل المطبوع يكون منعكسا  
بالنسبة لشكل اللوح لان ما كان على الجهة اليمنى يطبع على الجهة اليسرى  
وبالعكس فاذن يلزم ان يكتب على ظهر اللوح اذا اريد ان الكتابة تكون على  
وضعها الاصلى راجع (شكل ١ مكرر) وهذا هو السبب في نقش حروف  
الطبع بالعكس ووضعها مقلوبة لتكون فوق الورق على صورتها الاصلية  
وتكون متتابعة من الشمال الى اليمين (وهذا على طريقة القرنساقوية  
واما الطريقة العربية فهي بالعكس) فيتحصل حينئذ من الطبع البسيط نسخ  
غير مساوية لاشكال اللوح الا انها متماثلة

\* (بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع) \*

اعلم انما نقش وتركب ونرسم القوالب التي نطبع بواسطتها على اللوح المستعملة  
فيما بعد لطبع الحروف والموسيقى والرسم وغير ذلك وقد تكون الاشياء  
المطبوعة مارة من الشمال الى اليمين بواسطة الطبع الاول ومن اليمين الى  
الشمال بواسطة الطبع الثاني فاذن تكون الاشياء المطبوعة متحدة ومتساوية  
على القالب الاصلى والنسخ المتحصلة من اللوح المتوسط ونضع بحسب هذه  
القاعدة في الجهة الاصلية المنقش المجعول قالب بالصوب حروف الطبع وبناء  
على ذلك تكون هذه الحروف منعكسة ويكون الطبع الناشئ عنها في الجهة

الاحادية وفي النقش والتغرافيا - يرسم ونكتب في البجعة الاحادية على الورق  
او على المقوية المجهزة فتكون هذه ~~ال~~ ثمانية مقبولة على الحجر ومعتدلة على  
الاوراق التي ينشأ عنها للتغرافيا

والمطلوب الآن من علم الهندسة طرق جديدة لرسم شكل مساويا لآخر

فلنخبر في شكلا كشكل ا ب ث د ه ف غ ا (شكل ١) المؤلف  
من عدة اضلاع على حسب المطلوب فاذا مددنا من نقطة ا التي هي رأس  
كثير الاضلاع المنتظم او غير المنتظم الى سائر الرؤس الاخر خطوطا مستقيمة  
فانما تقسم كثير الاضلاع المذكور الى مثلثات وحيث انه يسهل علينا رسم  
مثلث يكون مساويا لآخر مع جعل مثلث ا ب ث مساويا للمثلث  
ا ب ث ومثلث ا د ه مساويا للمثلث ا ب د و ا د ه مساويا للمثلث ا د ه  
وهلم جرا يقول الامر الى كوننا نرسم شكل ا ب ث د ه ف غ ا بتمامه

(شكل امكرر) مساويا للشكل ا ب ث د ه ف غ ا (شكل ١)

ويمكن تحصيل شكل ا ب ث د ه ف غ ا باستعمال بيكار واحد  
لقياس طول الاضلاع ومنقلة لقياس الزوايا فترسم اول اضلع ا ب مساويا  
لضلع ا ب واذا وضعنا مركز المنقلة في نقطة ب ومردنا القاعدة  
القطرية من المنقلة على اتجاه ضلع ا ب استخراجنا مع الحجة عدد  
درجات زاوية ا ب ث وكسور درجاتها وننقل المنقلة الى نقطة د  
على الشكل الجديد المراد رسمه ثم ننقل عدد الدرجات التي قسناها آنفا  
وتكون م هي النقطة المقابلة لهذا العدد على محيط المنقلة فاذا بينا على  
الورق نقطة م بواسطة طرف البيكار ورسمنا مستقيم م ث مساويا  
ب ث نحصل معنا ضلع ثان من الشكل الجديد فاذا نقلنا المنقلة الى  
نقطة ث نحصل لنا زاوية ب ث د المنقولة الى ب ث د  
وهكذا الى ما لانهاية واذا كانت العملية مضبوطة ضبطا تاما فان الضلع  
الاخير وهو غ ا يصل في حال رسمه الى نقطة ا الاولى ويكون طوله

مساويا الطول غ ١. لكن اذا كان عدد اضلاع ~~ص~~ كثير الاضلاع قليلا  
فلا يمكن الوصول الى مثل هذه النتيجة ويكون نقل خطأ يحصل في اى زاوية  
ظاهرا في جميع الزوايا الاتية حيث ان اتجاه احد الاضلاع يكون ثابتا على  
حسب الضلع المتقدم وبالجسلة فانخطا الحاصل في طول اى ضلع يجعل  
الشكل كبيرا او صغيرا بنقل سائر اضلاع الشكل كثير الاضلاع بالتوازي  
الى الخارج او الداخل

وقد ذكرت هذه القاعدة لايين لك انه يمكن ان يكون كثير من طرق العمل  
القوية عرضة للخطأ في العملية ويمكن بواسطة طريقة حسنة ان تكون  
العمليات سهلة مضبوطة

ولنجت عن اعظم طريقة نرسم بها شكلا مشابها لآخر

وحاصلها اننا اذا رسمنا بالتوازي مثلثي ا ب ث و ا ث د (شكل ١  
مكرر) مع مقابلتهما للمثلثين المساويين لهما فقط فانه يمكن مع غاية  
الصعوبة اجتناب الخطأ الجسيم ولا يخفى ان ما يقع في كل زاوية من الخطأ  
الذي يزداد بقدر ازدياد عدد الزوايا ينشأ عنه مقدار جسيم من الخطأ فاذن  
يمكن ان تكون زاوية ب ا غ الكلية مغيرة لزاوية ب ا ع تغايرا  
حسب ما مع ان زاويتي ب ا ث و ا ث د الجزئيتين المظروفتين فيها  
مغايرتان قليلا لزاويتي ب ا ث و ث ا د المقابلتين لهما تين  
الزاويتين

وهاهي الطرق التي تؤخذ من علم الهندسة لاثبات هذه المساواة  
الطريقة الاولى استعمال المتوازيات وحاصلها ان كل زاويتين يكونان  
متساويتين اذا كانت اضلاعهما متوازية

الطريقة الثانية اذا قسنا بالبيكار وجدنا ا ب يساوي ا ر و ا غ  
ب ا غ يساوي ب ا ع و ب ا غ يساوي ب ا ع  
الطريقة الثالثة ان نمد ضلعي ب ا غ و ر ا غ اللذين كل منهما ضلع

ثالث من مثلثي  $أ ب غ$  و  $أ ر غ$  ثم ننظر هل نقطة  $أ$  على بعد واحد من  $ب ع$  كنقطة  $أ$  من  $ر غ$  اعني هل عمودا  $أ ز$  و  $أ ن$  النازلان من نقطة  $أ$  على  $ب ع$  ومن نقطة  $أ$  على  $ر غ$  مساويان لبعضهما لا

وعند انتهاء اثبات تساوي زاويتي  $أ ب غ$  و  $أ ر غ$  نرسم فيهما خطوط  $أ ث$  و  $أ د$  و  $أ ه$  لنضع فيهما زاويا جرتية متساوية بان نجعل طول  $أ ث$  مساويا لطول  $أ د$  وطول  $أ د$  مساويا لطول  $أ ه$  وطول  $أ ه$  مساويا لطول  $أ ه$  ثم نرسم اضلاع  $ر ث$  و  $ر د$  و  $د ه$  و  $ه ف$  الخ فيحصل معنا رسم الشكل الثاني

فثبتت اولاً رسم الجزء الاخير بما بواسطة الليكاروت ننظر هل  $ر ث د$  يساوي  $ر د ه$  و  $د ه$  يساوي  $د ه$  او بواسطة الفراقومتر ننظر ايضاً هل زاوية  $أ ب ث$  تساوي زاوية  $أ ر ث$  وزاوية  $ر ث د$  تساوي  $ر د ه$  وهلم جرا فاذا ظهر لنا بعض خطأ اعدنا العمليات لتعرف منشأ الخطأ ونصححه

### \* (بيان قاعدة المربعات) \*

يستعمل ارباب الصنائع هذه القاعدة بكثرة لاحداث شكل مساو لآخر (شكل ٤)

وذالك بان يقسموا في مبدء الامر الشكل الذي يريدون الرسم على نسقه الى طبقات متساوية بواسطة المتوازيات المتجهة الى جهتين عموديتين ويضعوا عمرة على كل جهة من جهات هذه القسمة الاربعة لتسهيل معرفتها ويعملون قسمة مشابهة لهذه القسمة على المستوى الذي ينبغي لهم ان يرسموا عليه شكلاً جديداً مساوياً للاول وبعد اجراء القسمة المذكورة يبينون النقط الضرورية التي توجد في كل من هذه المربعات

واذا بحثنا في مبدء الامر لتتحقق من وجود شي في طبقة  $ق$  او  $و$  او  $ز$  رأينا

انه لا يوجد شيء في طبقة ١ و ٢ و ١٠ و ٤ الرأس آ الموجود  
على خط مشار الى كل من طرفيه برقم ٤ و ٤ فنجعل على هذا الخط  
انفراج البيكار مساويا لبعده هذه النقطة في ١ و ١ ونضعه على الشكل  
الجديد في ١ و ١ آ فترى ان نقطة ب تكون في مربع ٢ و ٣  
و ٦ و ٧ ونقيس بعد ب بخطوط ٢ و ٢ و ٦ و ٦  
ونقل هذه الابعاد الى الشكل الجديد فيتحصل معنات نقطة ب وجميع رؤس  
ش و د و ه وغيرها ورسم كثير اضلاع ا ب ش د ه الى ا  
مساويا لكثير اضلاع ا ب ش د ه الى ا

وقد يوجد كما في الطريقة التي ذكرناها آتفا ثلاثة انواع من الخطاء ناشئة  
عن الخطاء الكلى \* اولا في توازي او مساواة الخطوط التي تتألف منها  
المربعات \* ثانيا في رسم كل خط اما بالنسبة لاستقامته او لسمكه او غير ذلك  
\* ثالثا في قياس وضع كل نقطة

وطالما كررت لك انه يشأ عن استعمال هذه الطرق البسيطة كثير من الخطاء  
وانه يلزم ان يكون عند ارباب الصناعة مهارة عظيمة في العماية واهتمام كلى مع  
التؤدة وجودة الذهن ليتجنبوا هذا الخطاء او يعرخوا منشاءه فيصححوه وبهذا  
التصحيح يستدل على تقدم الصناعة وانما بلغت درجة السكال وبالجملة فلا تعجب  
من كونه يلزم مضي عدة قرون حتى يصل الانسان الى صنع آلة صناعة تامة  
بحيث تكون قواعد ما معلومة واشكالها محكمة التحديد الا ان نجاحها  
يكون معلقا على صناعة اجرائها المتنوعة فمن ثم كان يعدر على الملل التي  
لم تقدم في القنون المحتاجة الى الضبط والاتقان ان تصل الى درجة غيرها  
من الملل المتقدمة في القنون المذكورة وذلك لان تقدم هذه الملل يعينها دائما  
على تنقيص الاسباب الموجبة للخطاء في العماية \* والقضية العلمية المعروفة  
حق المعرفة والمطبقة على العملية بوجه الصحة هي التي تجعل الملل التي ليست  
في مرتبة واحدة متساوية في المعارف بل وتجعلها فائقة على من يعادلها  
من الملل الاخرى التي سبقها باسكال محصولات الصناعة وهذا هو الغرض

الاصلي مما ذكرناه في هذا الشأن

\*(بيان الاشكال المناسبة)\*

لا يكفي لارباب الصناعة ان يعرفوا مجرد عمل شكل مماثل او مساو لا آخر بل هم محتاجون في الغالب لعمل اشكال تشبه شيئا تاما اشكالا اخرى غير انها تكون اكبرا واصغر منها وعلم الهندسة هو الذي تعرف به طريق الوصول الى ذلك بواسطة خواص الخطوط المناسبة والمثلثات المتشابهة

ولنفرض ان مستقيم اف (شكل ٣) منقسم الى اجزاء متساوية مثل اب و بث و ثد و ده الخ ونفرض ايضا اننا مددنا من كل نقطة من نقاط التقسيم على اى اتجاه من الاتجاهات متوازيات ١١ و بـ و ثـ و دـ و هـ الخ فتكون هذه المتوازيات متساوية الابعاد وبيان ذلك اننا اذا انزلنا اعمدة ا ب و ٢ و ٣ و د الخ على المتوازيات المذكورة نصنع عدة مثلثات مثل اب ١ و بث ٢ و ثد ٣ وهلم جرا حيث ان زوايا المثلثات المتقابلة متساوية وان كل ضلع منها مساو لا آخر اعني ان ضلع اب يساوي بث وضلع ثد = ده الخ فاذن تكون اعمدة ١١ و ب و ٢ و ٣ و د الخ هي الاضلاع المتقابلة من هذه المثلثات والتي تقيس المسافات الموجودة بين المتوازيات المتوالية مساوية لبعضها

ولنفذ الان خط م و ح ر في اتجاه مغاير لمستقيم اف فنقول حينئذ ان اجزاء م و ح و و و و و و و و و و تكون مساوية لبعضها ومن المعالوم اننا اذا انزلنا باعمدة م و ٢ و ٣ الخ على

الخطوط المتوازية وكانت هذه الخطوط على بعد واحد من بعضها فحصل معنا  
 ان  $\overline{م ١}$  يساوي  $\overline{د ٢}$  يساوي  $\overline{و ٣}$  الخ وزيادة على ذلك تكون  
 اضلاع مثلثات  $\overline{م ١ د ٢}$  و  $\overline{د ٢ و ٣}$  و  $\overline{و ٣ ح ٤}$  الخ متوازية وبناء  
 عليه تكون زواياها متساوية فاذن تكون هي متساوية وبمقتضى ذلك  
 تكون اضلاع  $\overline{م ١ د ٢}$  و  $\overline{د ٢ و ٣}$  الخ المتقابلة متساوية

فعلى هذا اذا كان مثل  $\overline{ا ف}$  (شكل ٣) منقسما الى اجزاء متساوية  
 بواسطة متوازيات  $\overline{ا ا ١}$  و  $\overline{ب ب ١}$  و  $\overline{ث ث ١}$  و  $\overline{د د ١}$  وهلم جرا  
 فان هذه المتوازيات تقسم ايضا مستقيم  $\overline{م ر}$  الذي يقطعها الى اجزاء  
 متساوية

وتستعمل هذه الخاصية لتقسيم مستقيم معلوم الى اجزاء متساوية على  
 حسب المطلوب

مثلا اذا فرضنا انه يلزم تقسيم خط  $\overline{ا ف}$  (شكل ٤) الى خمسة اجزاء  
 متساوية فانا نأخذ من نقطة  $\overline{ا}$  مستقيما آخر كاستقيم  $\overline{ا س}$  في اى اتجاه  
 كان ثم نعين بانفراج البيكار تقسيمات  $\overline{ا ١}$  و  $\overline{١ ٢}$  و  $\overline{٢ ٣}$  و  $\overline{٣ ٤}$  و  $\overline{٤ ٥}$   
 المساوية لبعضها ونأخذ من نقطة  $\overline{٥}$  ومن نقطة  $\overline{ف}$  خط  $\overline{ف ٥}$   
 ثم نأخذ ايضا من نقط  $\overline{ا ١}$  و  $\overline{١ ٢}$  و  $\overline{٢ ٣}$  و  $\overline{٣ ٤}$  خطوط  $\overline{ب ا ١}$  و  $\overline{ف ٢}$   
 و  $\overline{د ٣}$  و  $\overline{٤ ٥}$  موازية لخط  $\overline{ف ٥}$  فيصير خط  $\overline{ا ف}$  منقسما  
 الى خمسة اجزاء متساوية حيث ان اجزاء هذا المستقيم الخمسة منحصرة بين  
 المتوازيات التي على بعد واحد من بعضها

وهذه الطريقة هي المستعملة عادة في تقسيم المقاييس المستعملة لرسم  
 مستويات المباني الملكية والجهادية والبحرية  
 ولتقسمة المقاييس فائدة عظيمة جدا حيث يتوقف عليها صحة الرسوم المستعملة فيها  
 هذه المقاييس او فسادها واختلالها فاذا كان بعض اجزاء المقاييس المضبوطة  
 قبل العملية فاسدة كانت جميع اجزاء الرسوم التي تعتبر فيها هذه الاجزاء

كلاقيسة فاسدة ايضا و بما تكرر هذا الخطا غير مرة وتولد عنه خطأ جسيم

ولاجل الوصول الى تقسيم المقياس فسمي صحيحة ينبغي ان لا تكون تقسيمات

١ ا و ٢ و ٣ الخ اصغر من ا ب و ث د  
و د ه الخ وينبغي ايضا ان نضع طرفي البيكار مع الضبط على خط ا س  
المرسوم في اتجاه ثابت وكذلك ينبغي ان لا تشغل علامة البيكار الامسافة  
صغيرة بقدر الامكان بحيث انه لا ينشأ عن امتداده الا خطأ هين وبالجمله فيلزم  
عند رسم المتوازيات ان يكون منتصف الخط المرسوم بقلم الرصاص او الحبر  
ما راع الدقة بنقطة التماسيح الواقعة وان يكون التوازي على غاية من الصحة  
فاذا اوفرت هذه الشروط كلها دلت بمفردها على صحة العملية

وقد تصحح واسطة البيكار قسمه خط ا ب (شكل ٤) بحيث يعرف  
هل اجزاء ا ب و ب ث و ث د متساوية على وجه  
الدقة ام لا

\*(بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة)\*

يلزم في الغالب تقسيم وحدة مقياس ا ب (شكل ٥) الى اجزاء عديدة  
بحيث يمكن تعيينها على مستقيم ا ب الصغير بطريقة محكمة بينة وفي هذه  
الصورة نرسم متوازيات م م و ن و و و متساوية البعد  
ونرسم ايضا عمودي م ف و ا ف ومائل ا ب فنكون النسبة

بين اطوال ب ر و ث د و د ه الخ كنسبة  
١ ا و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ وتدل هذه الاطوال على تقسيمات  
م ا الى اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من المسافات المتساوية بين  
متوازيات م م و ن و و و الخ مثلاً اذا كان م ا يدل  
على ١ مترو كان هنالك عشرة خطوط موازية لخط م ا المذكور  
وكانت كلها متساوية البعد فان اجزاء ب ر و ث د و د ه



و هـ و هم جراتكون في الحقيقة عشر المتر وعشريه او ثلاثة اعشاره  
او اربعة اعشاره وهكذا عوضا عن كونها تنقل بواسطة المقاييس المرسومة  
طرفي البيكار على خط م ث تقريبا ينقب الخط بسرعة تتقدمهما بحسب تنوع  
الاعداد على ن د و و ح ع الخ وبذلك تبقى المقاييس زمنا  
طويلا وهذا من اعظم الفوائد في الرسم

**\* (بيان تصميم رسم ارنينك آلة او محصول صناعة) \***

إذا كان المطلوب تصحيح رسم آلة أو محصول جار على مقتضى المقياس فأول شيء يجب عمله هو تصحيح المقياس المستعمل لتحصيل هذا المحصول فإن كان هذا المقياس فاسداً كان الرسم بحسب الظن غير مضبوط وإن كان صحيحاً فاولاً عن الرسم عدة أنواع من الخطأ ينبغي البحث عنها

ولنرجع الى تقسيم الخطوط المستقيمة بالخطوط المتوازية فيقول اذا فرضنا

ان خط اف (شکل ۳) مقطوع بمتوازیات ام و ب ۵

و ف ر التي ليست على بعد واحد فان جزئى ا ب و ب ف

المحصورين بين هذه المتوازيات يكونان غير متساويين وكذلك م ٥

وَالَّذَانِ هُمَا جَزَاءُ مُسْتَقِيمٍ مَرَّ الْمَقْطُوعِ بِهَذِهِ الْمَتَوَازِيَاتِ

مکن اذا کان ب ف اکبر من ا ب کان م ر اکبر ایضا من م ۵

و زیاده علی ذلک یكون در مشتلا علی طول م بقدر اشتمال

ب ف علی طول اب

ب ف يشمل على ا ب اربع مرات فانه عند رسمه

ف الى اربعة اجزاء متساوية مثل ب ث د هـ

هـ ف الخ و رسم متوازيات ث و د ح هـ غ تقسم خط د و

بعدة اجزاء مثل هـ و و ح و ع خ و غ المساوية لخط

ف بقدر ما يوجد من اجزاء ث و ث د و ده و هـ ف

ساوية لخط ا فاذا ن يكون ف مشتلا على ا

بقدر ما يشتمل  $\overline{د ر}$  على  $\overline{د م}$

ونين عدد المرات التي يشتملها  $\overline{ب ف}$  على  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{د ر}$  على

$\overline{د م}$  بهاتين الطريقتين وهما ان  $\overline{ب ف}$  المقسوم على  $\overline{أ ب}$

يساوي  $\overline{د ر}$  المقسوم على  $\overline{د م}$  اعني ان  $\frac{\overline{ب ف}}{\overline{أ ب}} = \frac{\overline{د ر}}{\overline{د م}}$  او نسبة

$\overline{ب ف}$  الى  $\overline{أ ب}$  كنسبة  $\overline{د ر}$  الى  $\overline{د م}$  اعني ان  $\overline{ب ف}$

:  $\overline{أ ب} :: \overline{د ر} : \overline{د م}$

وهذا هو الذي يطلق عليه اسم التناسب الهندسي الذي يشتمل دائماً على

نسبتين متساويتين مثل  $\overline{ب ف}$  و  $\overline{د ر}$  وحيث ان تكون النسبة

الهندسية الحاصلة بين كميتين هي قسمة الكمية الاولى على الثانية وعكسها هي قسمة الكمية الثانية على الاولى

ويشتمل تناسب  $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} :: \overline{د ر} : \overline{د م}$  على اربعة

حدود يطلق على كل من حديها الاول والاخير اسم الطرفين وعلى الحدين المحصورين بينهما اسم الوسطين

\*(بيان الخاصية الاصلية للتناسب الهندسي)\*

خاصية التناسب الهندسي هي ان حاصل ضرب الطرفين في بعضهما يساوي

حاصل ضرب الوسطين في بعضهما

ولاجل البرهنة على ذلك يلاحظ في تناسب  $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} ::$

$\overline{د ر} : \overline{د م}$  ان  $\frac{\overline{ب ف}}{\overline{أ ب}} = \frac{\overline{د ر}}{\overline{د م}}$  متساويان لاننا اذا ضربنا هاتين

التسبتين معاً في  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{د م}$  فان حاصل ضربهما يكونان متساويين

ولكن  $\overline{ب ف}$  المقسوم على  $\overline{أ ب}$  والمضروب في  $\overline{أ ب}$  ثم في  $\overline{د م}$

هو باختصار عين **ب ف** المضروب في **م د** اى انه حاصل ضرب  
الطرفين في بعضهما وكذلك **د ر** المقسوم على **م د** والمضروب في  
**أ ب** ثم في **م د** هو باختصار عين **د ر** المضروب في **أ ب**  
اى انه حاصل ضرب الوسطين في بعضهما فاذا كان حاصل ضرب الطرفين  
في بعضهما مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما  
وتستعمل التناسبات الهندسية كثيرا في علمي الهندسة والحساب  
وفي تطبيقهما على علوم آخر كعلم التجارة وعمليات الصناعة وغيرهما  
ولذلك كلك كيفية دلالة علم الحساب بواسطة الاعداد على التناسبات  
الهندسية فنقول

اذا فرضنا ان (شكل ٣) مرسوم بواسطة المقياس امكننا ان نستدل  
على كل من حدود تناسب **ب ف : أ ب :: د ر : م د**  
بعدد المرات التي تشتمل عليها الجزء الحظ المستقيم بالنسبة لوحدة المقياس  
مثلا اذا كان **ب ف = ٣٠** و **أ ب = ٥** و **د ر = ٤**  
و **م د = ٢٤** فانه يحصل معنا التناسبان المتعدان وهما  
**ب ف : أ ب :: د ر : م د**  
**٣٠ : ٥ :: ٤ : ٢٤**

وبناء على ذلك يمكن ان يستدل على نسب الخطوط وتناسباتها بنسب الاعداد  
وتناسباتها وبالعكس فاذا قسمنا ٣٠ على ٥ فنحصل معنا خارج القسمة  
الذي هو مقدار النسبة الاولى وهو ٦ واذا قسمنا ٢٤ على ٤ فنحصل  
معنا ايضا خارج القسمة الثانية وهو ٦ ومتى كانت النسبتان متساويتين  
وجد بينهما التناسب

واذا قسمنا ٥ على ٣٠ فان خارج القسمة يكون سدسا واذا قسمنا ٤  
على ٢٤ فان خارج القسمة يكون ايضا سدسا وبناء على ذلك اذا كان

نسميتان متساويتين وعكسناهما فانهما يكونان متساويتين ايضا  
فاذن ينتج لنا من نسبة ٣٠ : ٥ :: ٢٤ : ٤ مرة واحدة

$$\frac{30}{24} = \frac{5}{4} \text{ و } \frac{24}{4} = \frac{30}{5}$$

فاد اضر بنا حدى معادلة  $\frac{24}{4} = \frac{30}{5}$  في ٢٤ ينتج معنا  $\frac{5}{3}$   
 $4 \times 24 =$

وحيث ان ٥ و ٢٤ هما الوسطان و ٣٠ و ٤ هما الطرفان  
كان احد الطرفين مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما مقسوما على  
الطرف الآخر

وبمثل ذلك يبرهن على ان كلامن الوسطين يساوى حاصل ضرب الطرفين  
في بعضهما مقسوما على الوسط الآخر

فعلى ذلك اذا عرفنا ثلاثة من حدود تناسب الهندسى الاربعة فانه يمكن  
معرفة الحد الرابع فوراً بواسطة القاعدة التى ذكرناها آنفا وهى قاعدة الثلاثة  
وسميت بذلك لانه يعلم منها الحد الرابع بواسطة حدود الثلاثة

وكثيرا ما تستعمل هذه القاعدة فى حسابات الخرائط والنجارة والصناعة  
ويشتمل علم الهندسة على قاعدة الثلاثة لانه مثلا اذا عرفنا ثلاثة  
خطوط مثل (أ) و (ب) و (ث) (شكل ٦) سهل علينا

ان نعرف بواسطة خطا رابعا كخط د بحيث يحدث (أ) : (ب)

:: (ث) : (د) فنبدأ بوضع (ث) = ح ر فى طرف

(أ) = وح ونرسم من نهاية و مستقيم ورم فى اى اتجاه

كان ومن نقطة و نجعل طول وح = (ب) ونرسم كذلك

ح ح ثم رضى موازيا ح ح فينتج حينئذ

$$\text{وح} : \text{وخ} :: \text{ح ر} : \text{خ ض}$$

$$\text{او} \quad (أ) : (ب) :: (ث) : (د)$$

وإذا كان الوسطان متساويين فإن الطول أو العدد الذي يدل عليهما يسمى  
وسطا متناسبا بين الطرفين مثلا في تناسب ٢ : ٤ :: ٤ : ٨  
يكون ٤ هو الوسط المتناسب بين طرفي ٢ و ٨  
وإذا كان المعلوم في علم الهندسة طولين فإنه يسهل علينا استخراج وسطهما  
المتناسب وسنبين لك ذلك عاجلا

\*(بيان المثلثات المتشابهة)\*

إذا كانت اضلاع مثلثي  $\overline{AB}$  و  $\overline{ar}$  (شكل ٧) المتقابلة  
متوازية فإنها تكون متناسبة ويكون المثلثان متشابهين فاذن يتحصل  
معنا

$\overline{AB} : \overline{ar} :: \overline{Bb} : \overline{rr}$  و  $\overline{Ar} : \overline{ar} :: \overline{Ar} : \overline{ar}$  ولاجل  
البرهنة على ذلك ننقل مثلث  $\overline{AB}$  من غير أن يتغير اتجاه اضلاعه  
بحيث تقع نقطة  $\overline{r}$  على نقطة  $\overline{a}$  ثم نمد  $\overline{ar}$  و  $\overline{Bb}$  إلى أن  
يتلاقيا في نقطة  $\overline{m}$  فيحصل معنا  $\overline{Ar} = \overline{rm}$  و  $\overline{Bb} = \overline{bm}$   
 $\overline{Ar} : \overline{rm} :: \overline{Ar} : \overline{rm}$  حيث انها متوازيات منحصرة بين متوازيات أخرى

وحيث إن  $\overline{Ar} : \overline{rm} :: \overline{Ar} : \overline{rm}$  و  $\overline{Bb} : \overline{bm} :: \overline{Bb} : \overline{bm}$  متوازيات ينتج  
 $\overline{AB} : \overline{ar} :: \overline{Ar} : \overline{ar} = \overline{Ar} : \overline{rm}$   
و  $\overline{AB} : \overline{ar} :: \overline{Bb} : \overline{Bb} = \overline{Bb} : \overline{bm}$   
وبناء على ذلك  $\overline{AB} : \overline{ar} :: \overline{Ar} : \overline{rm}$  و  $\overline{AB} : \overline{ar} :: \overline{Bb} : \overline{bm}$   
:

فإذا كان مثلثا  $\overline{AB}$  و  $\overline{ar}$  (شكل ٨) متعدي الوضع  
والصورة بحيث يكون  $\overline{AB}$  عمودا على  $\overline{ar}$  و  $\overline{Bb}$  على  
 $\overline{Ar}$  و  $\overline{Ar} : \overline{rm} :: \overline{Ar} : \overline{rm}$  فان هذين المثلثين يكونان متشابهين

وبين ذلك اثنا اذا درنا مثلث  $\overline{ا ر ش}$  بدون تغيير شيء منه من زاوية قائمة حول نقطة  $\overline{ا}$  فان  $\overline{ا ش}$  يكون موضوعا على  $\overline{ا ر}$  في وضع مواز لخط  $\overline{ا ب}$  وكذلك يفصل في  $\overline{ا ر}$  و  $\overline{ر ش}$  فاذن تكون اضلاع مثلث  $\overline{ا ر ش}$  موازية لاضلاع مثلث  $\overline{ا ب ش}$  ويكون المثلثان متشابهين وبناء على ذلك يكون مثلثا  $\overline{ا ب ش}$  و  $\overline{ا ر ش}$  متشابهين ايضا ومتى كانت اضلاع مثلثين متناسبة فان زواياهما المتقابلة تكون متساوية ويكون المثلثان متشابهين وبما انه اثنا اذا فرضنا انه ليس للمثلث  $\overline{ا ب ش}$  و  $\overline{ا ر ش}$  (شكل ٧) نسب اخرى غير هذه وهي

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ش} : \overline{ا ب}$   $\overline{ا ش} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ب} : \overline{ر ش}$   
فاننا نفرض مثلثا ثانيا مثلث  $\overline{ا ر ش}$  يكون ضلعه وهو  $\overline{ا ر} = \overline{ا ر}$  وزيادة على ذلك تكون اضلاعه الثلاثة موازية لاضلاع  $\overline{ا ب}$  و  $\overline{ب ش}$  و  $\overline{ا ش}$  على التناظر وبناء عليه يتحصل معنا

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ش} : \overline{ا ب}$   $\overline{ا ش} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ب} : \overline{ر ش}$   
فاذن يكون  $\overline{ا ش} = \frac{\overline{ا ر} \cdot \overline{ا ش}}{\overline{ا ب}}$  و  $\overline{ا ر} = \frac{\overline{ا ر} \cdot \overline{ا ش}}{\overline{ا ب}}$  و  $\overline{ر ش} = \frac{\overline{ا ر} \cdot \overline{ا ش}}{\overline{ا ب}}$

فعلى هذا اذا كان  $\overline{ا ر} = \overline{ا ر}$  لزم ان يكون  $\overline{ا ش} = \overline{ا ش}$  وان تكون  $\overline{ر ش} = \overline{ر ش}$

فاذن تكون اضلاع مثلث  $\overline{ا ر ش}$  و  $\overline{ا ر ش}$  الثلاثة متساوية على التناظر وبناء على ذلك يكونان متساويين فاذن تكون زوايا  $\overline{ا ر ش} = \overline{ا ر ش}$

$\overline{ا} = \overline{ر} = \overline{ب} \text{ و } \overline{ث} = \overline{ت} = \overline{ش}$

فحينئذ إذا كانت اضلاع المثلثين متناسبة فإن زواياهما المقابلة للاضلاع  
المتناسبة تكون بخصوص هذا السبب متساوية ويكون المثلثان متشابهين

ومثي كان ضلعا  $\overline{ا ب}$  و  $\overline{ب ث}$  من مثلث  $\overline{ا ب ث}$  مناسبين  
لضلعي  $\overline{ا ر}$  و  $\overline{ا ث}$  من مثلث  $\overline{ا ر ث}$  وكانت زاوية  $\overline{ا} = \overline{ا}$  فإن  
هذين المثلثين يكونان متشابهين لانتسا اذا وضعنا زاوية  $\overline{ا}$  على  $\overline{ا}$  فإن  
تناسب  $\overline{ا ب} : \overline{ا ر}$  كناسب  $\overline{ا ث} : \overline{ا ث}$  يقتضي ان  $\overline{ا ث}$   
و  $\overline{ا ث}$  يكونان متوازيين وعلى ذلك تكون الاضلاع الثلاثة متوازية

ففي (شكل ٦) اذا رسمنا من نقطة  $و$  مستقيمتين  $و ح$  و  $و ر$   
و  $و خ$   $ض$  و  $و ط$   $ع$  الثلاثة القاطعة لمتوازي  $ح ط خ$   
و  $ر ع ض$  فحصل معنا اولا على التوالي بسبب تشابه مثلثي  
 $و ح ط$  و  $و ر ع$  أن  $و ط : و ع :: ح ط : ر ع$   
وثانيا بسبب تشابه مثلثي  $و خ ط$  و  $و ض ع$  ان  $و ط$   
:  $و ع :: خ ط : ض ع$

فاذن يتحصل معنا ان  $ح ط : ر ع :: ح ط : ض ع$   
اعني ان  $ح ط$  و  $خ ط$  و  $ر ع$  و  $ض ع$  التي هي اجزاء  
المتوازيين المقطوعين بالمستقيمتين الثلاثة المرسومة من نقطة واحدة تكون  
متناسبة وعكس هذه القاعدة صحيح ايضا

ويمكن ان نبرهن الآن على ان الشكلين الكثيري الاضلاع اذا كانت  
اضلاعهما المتقابلة متوازية ومناسبة يكونان متشابهين

فاذا فرضنا مثلان شكلي  $ا ب ث د ه ف غ ا$  و  $ا ر ث د ه ف غ ا$

(شكل)

(شكل ٩) هما اللذان اضلاعهما المتقابلة متناسبة ومتوازية نخرج ان

ا ب : ا ر :: ب ث : ر ث :: م : ا وتكون الزوايا

المتقابلة المتألقة من خطوط متوازية اثنين متساوية فاذن زاوية

ر = ب واذا مددنا خطي ا ث و ا ر فكان مثلثا

ا ب ث و ا ر ث متشابهين حيث ان زاوية ب من كل منهما

تساوي زاوية ر المحصورة بين ضلعين متساويين فاذن يتصل ا ب

: ا ر :: ب ث : ر ث :: ا ث : ا ر :: م : ا

واذا مددنا بعد ذلك ا د و ا ر فان مثلثي ا ث د و ا ر ث

يكونان متشابهين ايضا حيث ان ا ث : ا ر :: ا د : ا ر :: ا ر : ا ر

:: م : ا وان زاويتي ا ث د و ا ر ث متساويتان لان

اضلاعهما متوازية فاذن يكون ا د موازيا ا ر

واذا تمادينا على البرهنة المذكورة فانت قسم الشكلين الكثيري الاضلاع الى

مثلثات متشابهة

وبناء على ذلك اذا امكن عمل مثلثات متشابهة لثلثات اخرى امكن بالتدريج رسم

اشكال كثيرة الاضلاع متشابهة لاشكال اخرى ايا ما كان عدد اضلاعها

\*(بيان بكار التناسب)\*

بيكار التناسب (شكل ١٠) هو آلة يستعملونها لتسهيل التحويلات

التناسبية والعمليات المتنوعة وهو مركب من مسطرتين متساويتين

ومدرجتين على حدسوا

فاذا اردنا تحويل ابعاد شكل من الاشكال الى نسبة خط معلوم كخط ه

الى خط آخر معلوم كخط ف فانتا تجعل على ضلع ا ب طول ا م

= ه ونعين عدد التدريج المقابل للنقطة م ونجعل نقطة ن التي





\*(بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة)\*

كل شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين متعدين في عدد الاضلاع يكونان متشابهين وبيان ذلك انه حيث كانت اضلاع كل واحد منهما متساوية قبل الضرورة تكون متناسبة وتكون زواياهما التي لاتتعلق بالطول بل بعدد الاضلاع من جنس واحد فيهما

ونسبة محيطى كثيرى الاضلاع المتشابهين الى بعضهم كنسبة الاضلاع البسيطة الى بعضها

وعجوز ازيد اضلاع كثيرا لاضلاع يكون الشكل مغايرا قليلا للدائرة لانه يكون حرسوما خفيضا خاذل ينفي ان تكون الدوائر معتبرة كالا لشكال المتشابهة اعنى كالا لشكال التي تكون خطوطها المتشابهة الوضع متناسبة ونسبة محيطات الدوائر الى بعضها كنسبة انصاف اقطار هذه الدوائر الى بعضها

فاذا رسمنا في دائرتين شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين ومتعدين في عدد

الاضلاع مثل ا ر ث د ه ف ا و ا ب ث د ه ف ا (شكل ١٢) كانت نسبة الخطوط المتناسبة فيهما هي اولا نسبة

انصاف اقطار الدائرتين وثانيا نسبة اضلاع كثيرى الاضلاع وثالثا نسبة محيطى كثيرى الاضلاع المذكورين ورابعا نسبة محيطى هاتين الدائرتين

وانا رسمنا في دائرة (شكل ١٣) قطر ا و ب ثم رسمنا من نقطة ما كنقطة ث من هذا القطر خط ث ح عمودا على هذا القطر ورسمنا مستقيى ا ح و ح ب فالتا نضع مثلث ا ح ب القائم الزاوية وهى ح وحيث يذيككون هذا المثلث القائم الزاوية متشابهها لكل من مثلثي ا ح ث و ح ب ث الجزءين اللذين تركب منهما

ويبان ذلك ان زاوية  $\overline{أ ح ب}$  الحادة مشتركة بين مثلثي  $\overline{أ ح ب}$  و  $\overline{أ ح ث}$  القائمى الزاوية والحادة الاخرى مساوية لزاوية قائمة ناقصة زاوية  $\overline{أ ف ذ}$  تكون زوايا هذين المثلثين الثلاثة متساوية كل لتظيرتها ويكون هذان المثلثان متشابهين

وكذلك زاوية  $\overline{ب ح د}$  الحادة مشتركة بين مثلثي  $\overline{أ ب ح}$  و  $\overline{ب ح ث}$  المذكورين فاذن يكون هذان المثلثان متشابهين وبمقتضى ذلك يتحصل معنا التناسبات الآتية وهى

$$\begin{array}{ccc} \overline{أ ب} : \overline{أ ح} :: \overline{أ ح} : \overline{أ ث} \\ \overline{أ ب} : \overline{ب ح} :: \overline{ب ح} : \overline{ب ث} \\ \overline{أ ث} : \overline{ب ح} :: \overline{ب ح} : \overline{ب ث} \end{array}$$

فاذن يكون  $\overline{أ ب}$  اولاً الضلع الصغير الشمالى الذى هو  $\overline{أ ح}$  من مثلث  $\overline{أ ب ح}$  القائم الزاوية وسطاً متناسباً بين وتر الزاوية القائمة الذى هو  $\overline{أ ب}$  وجزءه الذى هو  $\overline{أ ث}$  وهو الجزء الموجود على يسار عمود  $\overline{ح}$

ثانياً يكون الضلع الصغير اليمين الذى هو  $\overline{ب ح}$  وسطاً متناسباً بين وتر الزاوية الذى هو  $\overline{أ ب}$  وجزءه الذى هو جزء  $\overline{ب ث}$  وهو الجزء الموجود على يمين العمود المذکور

ثالثاً يكون عمود  $\overline{ح}$  وسطاً متناسباً بين جزئى وتر الزاوية القائمة اللذين هما  $\overline{أ ث}$  و  $\overline{ب ث}$

فعلى هذا اذا كان وتر الزاوية القائمة قطر الدائرة وكان  $\overline{ح}$  نصف

وترعوى على هذا القطر فان  $\overline{أ ح}$  و  $\overline{ح ب}$  يكونان وترين آخرين  
متدين من نهاية القطر

وننتج من ذلك ثلاث خواص أولا يكون وتر  $\overline{أ ح}$  الموضوع على  
الشمال وسطا متناسبا بين قطر  $\overline{أ ب}$  وجزءه الذي هو  $\overline{أ ث}$  الموضوع  
على شمال نصف الوتر العمودي على هذا القطر

ثانيا يكون وتر  $\overline{ث ح}$  الموضوع على اليمين وسطا متناسبا بين قطر  
 $\overline{أ ب}$  وجزءه الذي هو  $\overline{ب ث}$  الموضوع على يمين نصف الوتر العمودي  
على هذا القطر ايضا

ثالثا يكون نصف وتر  $\overline{ث ح}$  وسطا متناسبا بين جزئي القطر الموضوعين  
على شماله ويمينه

وكثيرا ما نستعمل هذه الخواص في تقويم نتائج الآلات وحركتها

\*(الدرس السادس)\*

(في بيان اخذ مسطح الاشكال المستوية المنتهية)

\*(بخطوط مستقيمة او مستديرة)\*

اذا اردنا قياس المسطحات المنتهية بخطوط مستقيمة او بخطوط منحنية فاننا  
نجعل وحدة المقياس الشكل البسيط الهين الرسم والقسمة وهو المربع الذي  
يكون احدا ضلعا مساويا لوحدة الطول

وينبغي ان نبين أولا كيف يمكن بواسطة هذا المربع قياس مربع اكبر منه  
اعني كيف يمكن معرفة عدد مرات احتواء المربع الاكبر على الاصغر  
فنقول

انه بقدر مرات احتوا ضلع المربع الاكبر على ضلع المربع الاصغر يمكن ان يحدث  
في المربع الاكبر طبقات متوازية يكون عرضها الضلع الاصغر وطولها الضلع  
الاكبر لكن تكون كل طبقة مشتتة على المربع الاصغر بقدر مرات احتوا  
الضلع الاكبر على الاصغر \* مثلاً اذا كان الضلع الاكبر محتوياً على الضلع  
الاصغر عشر مرات فانه انقسم المربع الاكبر الى عشر طبقات عرضها الضلع  
الاصغر وطولها هذا الضلع مكرراً عشر مرات فاذاً تكون كل طبقة مساوية  
لمسطح المربع الاصغر مكرراً عشر مرات \* وعشر مرات مضروبة في مثلها  
هي عدد المربعات الصغيرة المظروقة في المربع الاكبر  
ويستدل بذلك البرهنة على انه اذا جعل ضلع اى مربع ومدة الطول كان هذا  
المربع مظروفاً في مربع آخر يكون مقداره ضلعه

$$36 = 6 \times 6$$

$$1 = 1 \times 1$$

$$49 = 7 \times 7$$

$$4 = 2 \times 2$$

$$64 = 8 \times 8$$

$$9 = 3 \times 3$$

$$81 = 9 \times 9$$

$$16 = 4 \times 4$$

$$100 = 10 \times 10$$

$$25 = 5 \times 5$$

فالاعداد التي هي ١ و ٤ و ٩ و ١٦ و ٢٥ و ٣٦ وهلم  
جراتسمى تربعات اعداد ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ الخ  
التي تتدل على عدد المربعات التي يكون ضلعها وحدة الطول المظروقة  
في مسطح المربعات التي اضلاعها ١ او ٢ او ٣ او ٤ او غير ذلك  
والاعداد التي هي ١ و ٢ و ٣ و ٤ الدالة على كمية آحاد الطول  
المظروقة في كل ضلع من المربعات تسمى جزر هذه المربعات

واذا كان المربع الذي يراد قياسه اصغر من الذي جعل وحدة القياس فانه  
يتب في تقسيم هذا المربع الاخير الى تقسيمات ثانوية بمعنى ان اضلاعه تقسم  
الى عشرة اجزاء متساوية ويصنع مائة مربع صغيرة متساوية كل واحد منها



فأذن يكون  $\overline{س ص} + \overline{ز ص}$  أي مجموع مربعي  $\overline{س ص}$  و  $\overline{ز ص}$  شيء مساويا  $\overline{س ع} + \overline{ز ع}$  أي  $\overline{س ز}$   $\times$   $\overline{س ز}$  الذي هو قياس مربع  $\overline{س ز}$  هـ ف وحيث أنه يكون المربع الأكبر مساويا لمجموع المربعين الآخرين

وبناء على ذلك يكون المربع المرسوم على الضلع الأكبر في مثلث قائم الزاوية مساويا لمجموع المربعين المرسومين على الضلعين الآخرين

فإذا اردنا عمل مربع مساو لتفاضل مربعين آخرين فالتا هنا صنع مثلثا قائم الزاوية يكون ضلعه الأكبر  $\overline{س ز}$  (شكل ٣) وهو ضلع المربع الأكبر ويكون احد ضلعيه الآخرين  $\overline{س ص}$  وهو ضلع المربع الاخير المعلوم فيكون ضلع  $\overline{ص ز}$  الثالث من المثلث القائم الزاوية هو ضلع المربع المطلوب المساوي لتفاضل المربعين الآخرين حيث انه بإضافته الى المربع الاصغر يكون مساويا للمربع الأكبر

مثلا اذا لاحظنا ان  $٣ \times ٣ = ٩$  وان  $٤ \times ٤ = ١٦$  وان  $٥ \times ٥ = ٢٥$  وان  $٩ + ١٦ = ٢٥$  رأينا ان  $٣$  و  $٤$  و  $٥$  هي اضلاع المثلث القائم الزاوية ويستعمل ارباب الصناعة في الغالب هذه الخاصية لتنزيل مستقيم  $\overline{س ص}$  (شكل ٣) عمودا على مستقيم آخر مثل  $\overline{س ص}$  فيقسمون  $\overline{س ص}$  الى ثلاثة اجزاء ثم يأخذون من هذه الاجزاء  $\overline{ص ر} = ٤$  و  $\overline{س ز} = ٥$  ويتمون

مثلث  $\overline{س ص ز}$  الذي يكون فيه  $\overline{ص ز}$  هو العمود المطلوب ولنعلم الآن سطح الاشكال التي تختلف كثيرا عن شكل المربع فنقول

ان سطح المستطيل يساوي حاصل ضرب القاعدة في الارتفاع ولا ثبات ذلك تقسم  $\overline{م ح}$  (شكل ٤) الى اجزاء مساوية لضلع

أ ب الذي هو من مربع أ ب د ث المجهول وحدة القياس فإذا  
مددنا من ققط التقسيم خطوطا مستقيمة موازية لخط م ن فانها  
تقسم المستطيل الى طبقات طولها م ن وعرضها كعرض المربع  
وكل طبقة منها تحتوي على سطح مربعات أ ب د ث بقدر احتواء  
م ن على أ ب وبناء على ذلك اذا عبر عن خط م ن بالاعداد  
وكان أ ب هو وحدة القياس فانه يستدل على عدد مربعات  
أ ب د ث الذي يحتوي عليه مستطيل م ن ح خ بقاعدة  
م ن مضروبة في ارتفاع م ح

وتدليزم في القنون غالباً على مربع يكون سطحه مساوياً لسطح مستطيل  
م ن ح خ وكذلك فصل اطراف ضلعي م ح و م ن (شكل ٥)  
بعضها ونرسم على مجموعها المعتبر كالمقطع نصف دائرة ونقيم من نقطة م  
عمود م ر على قطر ح ن ونمد هذا العمود الى محيط نصف الدائرة  
فتحصل معنا (موجب الدرس الخامس)

خ م : م ر : م ر : م ن وينتج من ذلك ان خ م  
× م ن = م ر

وحينئذ يكون المربع المرسوم على م ر مساوياً للمستطيل م ن ح خ  
حيث ان قياس سطحهما واحد

وسطح متوازي اضلاع ل م ن ف (شكل ٦) يساوى حاصل  
ضرب قاعدته في ارتفاعه

ولا ثبات ذلك عند من تقطعي م و ن عمودي م ح و ن ح  
على م ن الى ول ح فيكون مثلثا م ح ل و ن ح و  
متساويين لان م ح = ن ح (متوازيين محصورين بين



متوازيين آخرين) ولان الزوايا المتقابلة متساوية ايضا وحيثئذا اذا قابلنا  
مستطيل م ن ح خ بمتوازي اضلاع م ن و ل رأينا ان هذا  
المستطيل يساوى متوازي الاضلاع زيادة مثلث ل م خ ونقص  
مثلث ن و ح وبذلك على ذلك يكون سطح متوازي الاضلاع كسطح  
المستطيل مقيسا بمصالح ضرب قاعدته وهى م ن فى ارتفاعه وهو  
ح ن  
وقد بين لنا ان جميع ضرب الارقام الاتية سطح المستطيل او متوازي  
الاضلاع الذى يعبر عن ضلعيه بالاعداد التى لاتتجاوز عشرة وهالك الارقام  
المذكورة

١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
٢٠	١٨	١٦	١٤	١٢	١٠	٨	٦	٤	٢
٣٠	٢٧	٢٤	٢١	١٨	١٥	١٢	٩	٦	٣
٤٠	٣٦	٣٢	٢٨	٢٤	٢٠	١٦	١٢	٨	٤
٥٠	٤٥	٤٠	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥
٦٠	٥٤	٤٨	٤٢	٣٦	٣٠	٢٤	١٨	١٢	٦
٧٠	٦٣	٥٦	٤٩	٤٢	٣٥	٢٨	٢١	١٤	٧
٨٠	٧٢	٦٤	٥٦	٤٨	٤٠	٣٢	٢٤	١٦	٨
٩٠	٨١	٧٢	٦٣	٥٤	٤٥	٣٦	٢٧	١٨	٩
١٠٠	٩٠	٨٠	٧٠	٦٠	٥٠	٤٠	٣٠	٢٠	١٠

فالسطر الثانى دال على سطح المستطيلات او على متوازيات الاضلاع  
التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٢ وقواعدها مساوية لعدد  
١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ والسطر الثالث دال على سطح المستطيلات  
او على متوازيات الاضلاع التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٣  
وقواعدها مساوية لعدد ١ و ٢ و ٣ و ٤ وهلم جرا وينبغى ان

يكون

يكون عند ارباب الصناعة جدول كهذا الجدول معلق في ورشهم ومصابيحهم  
ويجب عليهم حفظه في اذهانهم حيث ان هذه المعرفة لازمة لعمل ادنى  
ضرب

ومسطح كل مثلث مثل  $\overline{أ ب ث}$  (شكل ٧) يساوى نصف حاصل  
ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبيان ذلك اتنا اذا رسمنا خط  $\overline{ث د}$  موازيا لخط  $\overline{أ ب}$  وخط  $\overline{أ د}$   
موازيا لخط  $\overline{ب ث}$  فان المثلث الجديد الذى هو  $\overline{أ ث د}$  يكون  
مساويا للمثلث الاول الذى هو  $\overline{أ ب ث}$  الا انه يتألف من  
 $\overline{أ ب ث د}$  متوازى الاضلاع الذى يكون سطحه مساويا لخط  $\overline{أ ب}$

الذى هو قاعدة مثلث  $\overline{أ ب ث}$  مضروبة في ارتفاعه وهو  $\overline{ث ه}$   
فاذن يكون نصف هذا الحاصل مساويا لسطح المثلث  
وحيث انه يمكن دائما تقسيم اى شكل منته بخطوط مستقيمة الى مثلثات  
فانه يتحصل معنا فوراً مساحة سطح كل شكل كثير الاضلاع منتظماً كان  
او غير منتظم وحيث كانت مساحة كل مثلث مساوية لنصف حاصل ضرب  
قاعدته في ارتفاعه نشأ عن مجموع حواصل الضرب مساحة السطح المطلوب  
وهذه العملية هي احدى العمليات التى تجعل معرفة المثلثات مهمة جداً  
في علم الهندسة خصوصاً في اخذ مساحة الاراضى ولنبتدء الآن هذه العملية  
في مساحة شبيهه المنحرف فنقول

سطح شبيهه المنحرف يساوى نصف مجموع قاعدتيه مضروباً في ارتفاعه

وذلك ان شبيهه منحرف  $\overline{أ ب ث د}$  (شكل ٨) الذى ارتفاعه  
 $\overline{م ه}$  ينقسم بخط  $\overline{أ ث}$  الذى هو قطر الشكل الى مثلثي  $\overline{أ ب ث}$   
و  $\overline{أ ث د}$  اللذين مساحة احدهما  $\frac{1}{2} \overline{أ ب} \times \overline{م ه}$  والثاني

$$\frac{1}{4} \overline{دث} \times \overline{م} \text{ فيكون مجموع هذين الحاصلين نصف } \overline{أب} \\ + \overline{ثد} \text{ مضروباً في } \overline{م} \text{ وهذا كيفية وضعها } \frac{1}{4} \\ (\overline{أب} + \overline{ثد}) \overline{م}$$

فإذا تحصل معنا هذا الحاصل وجدنا على الفور مربعاً مكافئاً للشبه

المنحرف بأن تقيس  $\overline{أب} + \overline{ثد}$  (شكل ٢٨) الذي يستدل

عليه بخط  $\overline{م ن}$  المنفرد (شكل ٥) وتجعل  $\overline{م ح} = \frac{1}{4}$

$\overline{م د}$  وترسم نصف دائرة  $\overline{ح ر ن}$  فيصير عود  $\overline{م ر}$  هو ضلع

المربع المطلوب

وسطح كثير الاضلاع المنتظم يساوي نصف محيطه مضروباً في بعد مركزه

عن احد اضلاعه

وبينه اننا اذا مددنا من نقطة  $و$  التي هي مركز كثير اضلاع  $\overline{أبثد}$

المخ الى الروس الاخر (شكل ٩) خطوطاً مستقيمة فأنشأ تقسم هذا

الشكل الى مثلثات متساوية مثل  $\overline{أوب}$  و  $\overline{بوث}$  و  $\overline{ثود}$

وهلم جرا فإذا كان  $\overline{وم}$  هو بعد المركز عن كل ضلع وكان عين ارتفاع هذه

المثلثات كان قياس كل مثلث منها  $\frac{1}{4} \overline{أب} \times \overline{وم}$  وقياس المسطح

الكلي  $\frac{1}{4} (\overline{أب} + \overline{بث} + \overline{ثد} + \overline{دأ}) \overline{وم}$  او

$$\frac{1}{4} (\overline{أبثد}) \overline{الخ} \overline{وم}$$

وكثير الاضلاع المنتظم بغير الدائرة التي يكون مرسومها في داخلها تغايراً

اقل من ازدياد عدد اضلاعه فإذا ضاعفنا عدد الاضلاع على قدر الكفاية كان

الفرق اقل من كل كمية مفروضة فاذن يمكن اعتبار الدائرة كشكل كثير

الاضلاع له من الاضلاع الصغيرة عدد جسيم بحيث لا يكون عود  $\overline{وم}$

مغاير ايكمية معلومة لنصف قطر  $OA$  واذن ثبت المطلوب  
وبناء عليه يكون سطح الدائرة مساويا لمحيطها مضروبا في ربع قطرها ونصف  
محيطها مضروبا في نصف قطرها

\*(بيان استحالة تربيع الدائرة)\*

يسهل علينا بواسطة الحبل المبين في (شكل ٥) احداث مربع يكون  
سطحه مساويا لسطح دائرة معلومة اذا امكن احداث خط مستقيم طوله  
مساو مع الضبط لمحيط الدائرة التي يكون نصف قطرها معلوما الا انه يمكن  
تحصيل قياس اي خط مستقيم مع الضبط فكذلك احداث مربع مكافئ  
للدائرة (وهذا هو المسمى بتربيع الدائرة) وهذه المسئلة من جملة المسائل التي  
يستحيل حلها مع الضبط وينبغي ان لا يصرف التلامذة زمانهم واذنانهم  
في الامور التي لا ينجحون فيها

ويمكن ان نبين بالاعداد المقدار المقارب لمحيط الدائرة وسطحها بان نشير الى  
القطر بعدد

١٠٠ و ١٠٠٠ و ١٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠٠ وهم جراوا الى  
المحيط بعدد

٦٢٨ و ٦٢٨٣ و ٦٢٨٣١ و ٦٢٨٣١٣ و الى السطح بعدد  
٣١٤ و ٣١٤١ و ٣١٤١٥ و ٣١٤١٥٦ و الى الخ

واذا اكتفين عن سطح الدائرة الكلي بسطح قطاع الدائرة وهو  $AOB$   
(شكل ٩) الذي يكون قوسه نصف المحيط او ثلثه او ربعه الخ رأينا ان  
هذا القطاع يكون ايضا نصف سطح الدائرة او ثلثه او ربعه وهم جراوا يكتفي  
لتحصيل قياسه ضرب ربع القطر في طول قوس  $AOB$  المحصور بين  
ضلعي  $OA$  و  $OB$  فاذا طرحنا من هذا الحاصل حاصل ضرب  
 $\frac{1}{2} AB \times OM =$  لسطح مثلث  $OAB$  فانه يتحصل معنا  
مسطح قطعة الدائرة وهي  $AOB$

(بيان مماثلة سطح الاشكال المتشابهة لبعضها)

اولاً تذكر مائة المثلثات لبعضها بقول

نسبة سطح كل مثلثين متشابهين تساوى نسبة تربيعة خطين من الخطوط المتقابلة او المتناظرة مثلاً اذا فرضنا ان مثلثي  $\overline{اوب}$  و  $\overline{اوس}$  (شكل ١١) اللذين قاعدتهما تساوى نصف ارتفاعهما فان احدهم يعي

$\overline{ا ب د}$  و  $\overline{ا ر ش}$  المرسوم على قاعدتهما المتغيرة ضلعاً يكون مساوياً لهما في السطح فاذا نقصت الارتفاعات او زادت بالتنا سبب وكانت القاعدة باقية على حالها حدث مثلثات متشابهة كمثلثي  $\overline{س ا ب}$  و  $\overline{س ا ر}$  اللذين يتقص سطحهما ويريد في نسبة واحدة عند ما تكون قاعدتهما واحدة وبناء على ذلك اذا كانت نسبة السطوح مدلولاً عليها من مبدء الامر بمربعي القواعد اللذين هما  $\overline{ا ب د}$  و  $\overline{ا ر ش}$  فان هذه النسب تكون على حالة واحدة في جميع الاحوال

ويمكن تقسيم سائر الاشكال المتشابهة الى عدد واحد من المثلثات المتشابهة التي تكون نسبتها لبعضها كنسبة مربعي خطين متقابلين فاذا ثبت المطلوب

ونسبة سطوح الاشكال المتشابهة (المنتهية بخطوط مستقيمة) الى بعضها كنسبة المربعات المرسومة على خطين متقابلين متناظرين الى بعضها

فلذا اذا كان كثير الاضلاع اللذان هما  $\overline{ا ب د ه ف}$  و  $\overline{ا ر ش ه ف}$  (شكل ١٢) متشابهين فان نسبة سطوحهما تكون كنسبة مربعي  $\overline{ا ب م ن}$  و  $\overline{ا ر م ن}$  المرسومين على ضلعي  $\overline{ا ب}$  و  $\overline{ا ر}$  المتقابلين

وكذلك يبرهن على ان سطوح الدوائر التي هي اشكال متشابهة تكون مناسبة للمربعات المرسومة على انصاف اقطارها وعلى اقطارها المعتبرة كالاضلاع

واستعمال هذه التناسبات مهل في الغالب وذلك لان سطح الدائرة التي نصف

فطرها يساوى الوحدة لا يمكن التعبير عنه ولو على وجه التقريب إذا اردنا ضبطه ضبطا واحيا الابعاد مبهمه غير انه يمكن معرفة نسب السطوح في العادة مع السهولة التامة

ولندكر هنا خاصيتين عظيمتين في شأن سطح الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة والدوائر بدون ذكر برهنتهما لان هذه البرهنة مبنية على قواعد علمية متينة جدا فنقول

احدهما ان جميع الاشكال الكثيرة الاضلاع المتساوية في المحيط وعدد الاضلاع اكبرها مسطحا هو كثير الاضلاع المنتظم الثانية انه عند تساوى محيطات الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة يكون اكبرها مسطحا هو الذى يكون عدد اضلاعه اكثر فحينئذ يكون لجميع الاشكال المركبة من الاضلاع المستقيمة او المنحنية مسطح اقل من سطح الدائرة

\*(بيان اجراء العملية)\*

لابد من معرفة الخاصيتين المذكورتين في تنظيم عدة من الفنون فكمية الرصاص التى ينبغى استعمالها في تركيب الزجاج القديم ذى المسافة المحدودة تكون قليلة جدا فاذا كان عدد اضلاع الزجاج معلوما كانت اشكالها منتظمة

وكذلك اذا اقتضى الحال عمل مجار للمياه او للغاز او غيرهما ولزم لهذه الجارى ان تفتح طريقا لمقدار معلوم من السائل فان كمية الخشب او المعدن المستعملة لهذه الجارى تكون قليلة جدا اذا كانت تلك الجارى مستديرة

واذا كان المطلوب في فن المبانى ارتفاع العمارة ومحيطها وكذلك امتداد اسوارها الخارجية فان المسافة التى يمكن احاطتها بكمية واحدة من البناء تكون كبيرة جدا كلما قرب شكل العمارة من شكل كثير الاضلاع المنتظم او من كثير الاضلاع الذى يكون عدد اضلاعه كثيرا

ولننظم الآن على السطح غير المنتهى من المستوى الذى رتبنا عليه الاشكال  
 المتنوعة التى ذكرنا قياسها آنفا فنقول متى كانت نقطتان من المستقيم على  
 المستوى فانه يكون موجودا بتمامه على هذا المستوى وتستعمل هذه  
 الخاصية فى الفنون لرسم سطوح مستوية وقطع مسافات مستوية ايضا  
 \* (بيان اجراء العملية فى صناعة الصبى) \*  
 اذا اردنا كما فى فن صناعة الصبى ان نحدد قطعة من الارض ونجعلها على  
 صورة سطح مستو فالتأضع شاخصين متوازيين او بروزا مستويا مثل  
م ن ح ح (شكل ١٣) ثم نتقدم مع التوازي بواسطة مسطرة  
ض ط قائمة المستندة على شاخصى م ن و ح ح ونفصل  
 او نقصر جميع الارض الباررة فوق المستوى المار بشاخصى م ن  
 و ح ح ولا يلزم ان يكون بروز م ن ح ح من كل من  
 مستقيمتين متوازيين مثل م ن و ح ح و م ح و ن ح  
 وانما يكفى تلاقى هذه المستقيمتين اثنتين اذا اريد امتدادها  
 (بيان اجراء العملية فى قطع الاوتاد)  
 للمناشير المعدة لقطع الاوتاد على موجب مستواقى معلوم الانخفاض تحت  
 الماء حركة منتظمة بشاخصى م ن و ح ح (شكل ١٣)  
 اللذين هما على بعد واحد من المستوى الافقى الذى تقطع عليه رؤس الاوتاد  
 ويكون منشار ض ط خطا مستقيما معترضا مد لولا عليه بخط  
ص ن ط الموازى له وحيث كان هذا الخط الموازى على بعد واحد من  
 المنشار وكان مشدودا ببرواز ض ط ض ط القائم ومستندا على  
 شاخصى م ن و ح ح فان المنشار يرسم مستويا مثل  
م ن ح ح موازيا لبرواز م ن ح ح  
 ولاجل ان يهد التجار لوحا من الخشب ويصلحه ويساويه يستعمل الترسجى  
 القسرة ويبدأ بصب اطراف هذا اللوح اعنى انه يصيرها مستقيمة بواسطة

القارة التي خشبها مستقيم وحديد هاريزيل جميع ما هو بارز على هذا اللوح ليحصل الاتحاد بين اللوح المذكور وخشب القارة ثم يجمع بهذه الآلة مع المرور من الجبهة المنتصبة الى الاخرى ليرسم بجهة من الخطوط المستقيمة المتوسطة المارة بخطوط الاطراف

ثم ان نشار الطول والتجار يعينان فوق الخشبة التي يريد اصلاح جهة منها وكذلك تحتمل رسم المستوى المراد عمله ثم يوجه النشار منشاره والتجار قادومه على هذين الراسين

والى الان لم نعتبر المستوى واحدا وخطوط امرسومة عليه فلنقابل بالتوالي المستوى مع الخطوط التي لا تكون كلهما مظلوفة فيه ونقابل ايضا عدة مستويات بعضها نقول انه يمكن ان يكون الخط المستقيم عمودا او مائلا على مستوي معلوم او موازيا له

فاذا فرضنا ان **أ ب** (شكل ١٤) هو الخط القصير الذي يمكن مده من نقطة **أ** على مستوى **م ن ح** فبناء على ذلك يكون ذلك الخط اقصر خط يمكن مده من نقطة **أ** المذكورة على اى خط مستقيم مرسوم في المستوى فاذا ن يكون هذا الخط عمودا على مستقي **ب ه** و **ب ف** المرسومين على المستوى من موقع **ب** من هذا العمود فيقال حينئذ ان مستقيم **أ ب** هو العمود على مستوى

**م ن ح**

وبناء على ذلك يكون اولا العمود الممتد من اى نقطة على اى مستوي كان هو اقصر بعد بين النقطة والمستوى وثانيا يكون عمودا على سائر الخطوط المرسومة من موقعه في المستوى المذكور

وبالجملة اذا اخذنا مسطرة مثلثة لنديرها على احد ضلعي زاويتها القائمة فان الضلع الاخير يرسم بالضرورة مستويا ويستعملون هذه الخاصية الهندسية الاخيرة في تركيب الالات المأخوذة من علم النظر لعلى الهيئة والملاحظة وغيرها



وحيث كان **أ ب** (شكل ١٤) عمودا على مستوى **م ن ح ح**  
فإن كل خط مثل **أ د** أو **أ ه** ممتد من نقطة **أ** على أحد خطوط

**د ب ف** المرسوم على المستوى يكون ما تلا بالنظر للخط والمستوى  
وعلى ذلك يكون كل ماثل من ماثل **أ د** و **أ ه** بالنظر للسطح والخط  
المستقيم أطول من عمود **أ ب** وكلتا باعدا عنه كبر طولهما

وإذا فرضنا اتنا مدنا من نقطة **أ** سائر الخطوط المائلة التي يمكن مدها

على مستقيم **د ب ف** المرسوم على المستوى والمأبوق **ب** من

العمود فإن كل نقطة مثل **د** و **ف** وغيرهما من مستقيم

**د ب ف** ترسم دائرة في مستوى **م ن ح ح** ونصير نقط

كل دائرة على بعد واحد من نقطة **أ** التي هي من العمود المذكور

ويطلق اسم محور الدائرة على العمود النازل على مستوى هذه الدائرة الممتد

من المركز فاذن يسكون هذا المحور عمودا على سائر انصاف اقطار تلك

الدائرة

وقد يكون محور العجلة عمودا على مستويها وبناء على ذلك اذا دارت هذه

العجلة على محورها فإن كلا من نقطتها يتحرك بدون ان يترك هذا المستوى

وعلى هذا لا يتغير موضع العجلة بالنسبة للأشياء المكتنفة بها وانما تأخذ نقطتها

المتنوعة مواضع بعضها

وقد بنوا على هذه القاعدة الهندسية حركة اجار الطاحون فجعلوا حجرين على

محور واحد فصارت اوجهم ما المستوية عمودية على هذا المحور فكانت بذلك

موازية لبعضها وكان احد هذين الحجرين يمسك ثابتا بخلاف الآخر فإنه يكون

متحركا على هذا المحور والان العجلة المتحركة حين تدور بحيث يكون وجهها

المستوى الاسفل يدور معها وتكون حركته على نفسه تمكث دائما على بعد

واحد من الوجه المستوى الاعلى للعجلة الثابتة فعلى ذلك اذا كان بعد هذ

المجالات منتظما بحيث لا يمكن لحبوب البر المرورين الحجرين من غير ان تطحن

فان الطعن حينئذيم سائر النقط الموجودة بين الحجرين  
وفي ذلك فائدة عظيمة ويلزم مزيد الضبط في اجراء عملية الآلات فاذا كان  
توازي العجلات غير تام وكان عمود الحجر المتحرك غير عمودي على مستوى هذه  
العجلات بل كان له ميل قليل عند تحركه ذات اليمين وذات الشمال فان مستوى  
الحجرين لا يمكن ان دائم على بعد واحد في جميع هذه الصور واذا تقاربت  
الاجزاء تقارب باكياس من بعضها وبلغ الطعن الغاية في الشدة ترتب على ذلك  
سخونة الحبوب وتلفها بخلاف ما اذا لم تقارب الاجزاء قربا مناسبافانه يتعذر  
طعن الحب ويكون دوران العجلات خاليا عن الفائدة فمراعاة الضبط في هذا  
التيان اولى من مراعاة الزينة والزخرفة واتباع ما تسوقه النفس في ذلك  
من الامور فهذا الشرط لا يدمنه في نجاح العملية

### (بيان عملية خراط الاجسام)

قد تكون الخواص التي ذكرناها انما مستعملة في القنون لرسم الدوائر بواسطة  
الخرطة وهي آلة ذات نقطتين ثابتتين يعلق فيها الجسم الذي يراد خرفته  
فاذا وضعنا هذه الآلة الحادة وضعا ثابتا وادركنا الجسم فانها تزيل اجزاء  
الجسم البارزة وترسم فيه دائرة يكون محورها الخط المستقيم المار بنقطتيها  
الثابتين ويكون مركزها ايضا على هذا الخط المستقيم  
فاذا فرضنا ان حد الآلة يتقدم في الرسم بالتدريج على صورة خط عمودي  
على هذا الخط المستقيم فان جميع الدوائر التي ترسم بالتوالي بواسطة الحد  
المدكور تكون موضوعة على مستوى عمودي على المستقيم المذكور المار  
بطرفي الخرطة ولذا يمكن استعمال هذه الخرطة في رسم اي مستوكان وهذه  
هي الطريقة المستعملة في معامل الآلات التي يحتاج فيها لقطع السطوح  
المعدنية او اطراف الاسطوان التي ينبغي تحرير اطرافها على بعضها مع غاية  
الضبط على ما تقتضيه صورة المستوى

\* (بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شان) \*

**\* (قطع السطوح المستوية) \***

كان برامة المذكور يدور حول محور منتصب ثابت على عملة انقبة محتوية على عملة  
الآت حادة وجميع هذه الآلات لا تبرز مع التساوى تحت مستوى الدائرة  
وانما تجتمع خمسة اوستة وتبرز بالتدريج وقد تكون قطعة الخشب المراد  
املاصها موضوعة على عملة انقبة تتقدم وتقر تحت العملة ذات الآلات  
الحادة فحدود كل عملة من الآلات المذكورة تخرط بقطعة الخشب بحيث  
يكون اقل تلك الآلات بروزا يخرط الخرطة الاولى المقورة بالتدريج بواسطة  
الحدود الاربعة والخمسة من كل عملة وبعد ذلك تكون القطعة المستمرة  
في التقدم مصلحة الجزء التالي بواسطة عملة اخرى ذات خمسة حدود اوستة  
فاذا احدثت الآلات الحادة المنتشرة على محيط العملة في قطعة خشب  
الجزء الضيقة جدا فان للقارة الثابتة على العملة والمساوية في الارتفاع  
للا آلات الحادة البارزة اكبر منها تمر على قطعة الخشب التي ترسمها الآلات  
المذكورة وتزيل تعريجات هذه الخطوط وبذلك يتم تهيد قطعة الخشب  
واملاصها

وكل خطين عمودين مثل أ ب و ث د (شكل ١٥) على مستو

واحد مثل م ن ح ح يكونان متوازيين

ولاجل البرهنة على ذلك نمد من ب و د اللذين هما موقعا هذين  
العمودين مستقيمين ب د على المستوى ثم نقيم على هذا المستوى من

منتصف ب د وهو و عمود ه و ف

فاذا جعلنا و ه = و ف كانت قطة ب و د على بعد

واحد من ه و ف وزيادة على ذلك يكون كل من نقطتي أ

و ث من خطي أ ب و ث د العمودين على مستوى

م ن ح ح على بعد واحد ايضا من نقطتي ه و ف وبيان

ذلك اننا اذا مددنا مايلي ف د و ه د وكان هذان المائلان على بعد

واحد من عمود ود على ه وف فانهما يصكونان متساويين  
وكذلك اذا كان مثلا شه و شف على بعد واحد من عمود ن ش  
من المستوى فانهما يكونان متساويين ايضا وبالجملة فعلى ما ذكر يكون خطا  
اه و اف متساويين فلذلك ينصب ع كل من عمودي اب  
و ثد الى المستوى المنفرد المحتوى على سائر النقط التي على بعد واحد  
من نقطتي ه و ف الشابتين وبناء على ذلك يكون كل من خطي  
اب و ثد للعمودين على مستقيم واحد مثل بب موجودا  
على مستوى واحد ويكونان ايضا متوازيين

ثم ان السطح الافقي هو الذي يستدل عليه بالمياه الراكدة بالابتداء من اى  
نقطة من هذا السطح ويطلق على العمود النازل على هذا المستوى اسم  
المنتصب فبناء على ذلك تكون سائر الخطوط المنتصبة متوازية بالنظر لمستوى  
افقي معلوم

والشاقول هو خيط مقبوض على احد طرفيه باليد او مربوط في نقطة ثابتة  
وبطرفه الاخر قطعة رصاص فاذا استقر هذا الخيط استقرارا تاما كان له  
اتجاه منتصب المكان الذي يكون فيه الانسان وعلى ذلك فيمكن استعماله

ليعرف هل الخط او المستوى الذي هو س ص (شكل ٦ مكرر)

افقي ام لا واذا استعمل البناءون مثله مثل ه ث ويطلقون عليه اسم آلة

التسوية وهي مركبة من ضلعي اه و ه ث المتساويين ومن عارضة

ع ث التي يكون منتصفها وهو و موجودا على مستقيم

ه و ب العمودى على اب ث فاذا كان اب ث افقيا

فانه ينبغي حين وضعه فوق آلة التسوية وتعيين الشاقول في نقطة ه

ان يمر هذا الخيط ع و ش في نقطة و الميمنة بالعلامة

وتسمى المستويات المنتصبة باسم المستويات المحتوى سطحها على المنتصب

بتمامه فاذا مددنا خطا منتصباً من نقطة اى مستوكلن فانه ينبغي ان يكون موضوعاً بتمامه في ذلك للمستوى حيث انه مواز لمنتصب الاول الموضوع على المستوى المذكور

والمستويات المنتصبان يتقاطعان بالضرورة بواسطة مستقيم منتصب حيث انه يلزم ان يكون المنتصب المتقدم من النقطة المشتركة بينهما موجوداً بتمامه على كل من المستويين ~~ويجب~~ كما يستعمل المستويات الافقية والمنتصبة والخطوط المنتصبة في عدة من الفنون لاسيما ما يعلق منها بالعمارات وكذلك تكون في مساكن القرى الارضيات والسقوف والتحامات اجار الخت والطوب الاحمر من اسفلها واعلاها في الجدران العادية على اشكال مستوية افقية

واما مستويات الجدران الخارجية والداخلية والحوارج فهي مستويات منتصبة وكذلك الاضلاع التي تتكون من الجدران وجهات الابواب والشبابك وغيرها فهي منتصبة الشكل لانها توجد كلها على مستويين منتصبين

وقرر في رسم الهندسة الوصفية وقطع الاجار والاختياب والمباني من حيث هي ان الرسم الاول يعمل على مستواقي والثاني على مستو منتصب واذا كان المستوى المذكور خارج العمارة يطلق عليه اسم الارتفاع واذا كان مائلاً يسمى بالقطع

واذا مر خط مستقيم بنقطتي  $A$  و  $B$  (شكل ١٦) اللتين على بعد واحد من مستوى  $MN$  فان جميع النقط الاخرى من هذا المستقيم وهو  $AB$  تكون ايضا على بعد واحد من هذا المستوى

وبيان ذلك اننا اذا مددنا من  $A$  متوازيات  $AB$  و  $BC$  و  $DE$  عمودية على مستوى  $MN$  فانه ينتج معنا عند رسم مستقيم  $DEF$  في هذا المستوى ان  $AB = DE$

= ث د مهما كان وضع نقطة ه

ويتألف من مجموع هذه المستقيمات النازلة من نقطة أ (شكل ١٦) العمودية على أ ب مستوفاذن يكون أ ب مقياس إبعاد ساثر نقط هذا المهوى من مستوى م ن ح ح وحينئذ يكون المستويان العمودان على مستقيم أ ب المذكور على بعد واحد من بعضهما وكذلك اذا كان خطا أ ب و ث د عمودين على احد المستويين فانهما يكونان عمودين على المستوى الآخر ويقاسان اقصر بعد بين هذين المستويين

واذا تلاقي مستويان مثل ن ح ح و ن ح ح رض فانهما يتقاطعان في مستقيم ن ح

وبيان ذلك اننا اذا مدنا من نقطتين من نقط التلاقي كنقطتي ن و ح مستقيما فانه ينبغي ان يكون هذا المستقيم بتمامه على المستويين المحتويين على هاتين النقطتين وبناء على ذلك يكون هذا الخط مشتركا بين هذين المستويين

واذا فرضنا ان مستوى ن ح ح م يكون مائلا قليلا او كثيرا على ن ح ح رض فانه يحصل معناه زاوية صغيرة او كبيرة مضمرة بين مستويي ن ح ح م و ن ح ح رض وهالك كيفية قياس هذه الزاوية

وهي ان نمد (شكل ١٧) في المستوى الاول خط ث أ وفي الثاني ث ب عمودين على مستقيم ن ح المشترك بين المستويين ويستدل على الزاوية الممتدة ككونه من هذين المستويين بالزاوية المتكونة من المستقيمين المذكورين

واذا فرضنا ان مستوى ن ح ح م يدور حول ن ح كما يدور حول اى محور كان فان كلا من قط هذا المستوى يرسم دائرة ويجوب

المستوى نفسه سائر المسافة الموجودة حول المحور اذا قطع كل من نقط محيط  
الدائرة تمامه واذا قسمنا هذه المسافة المقطوعة الى اجزاء متساوية فان كل  
نقطة ترسم في كل جزء عددا واحدا من الدرجات وحيث يكون هذا العدد

معد القياس زاوية المستويين الدائريين حول ن ح  
وقد يعمل صناعات آلات العلوم الرياضية للنجمين والملاحين ومهندسي  
الجغرافيا آلات تقاس بها الزاوية الحادثة من مستوع آخر وتكون هذه  
الآلات مصنوعة غالباً على حسب القاعدة التي ذكرناها آفا ويكون آ ب  
الذي هو قوس الدائرة المدرجة (شكل ١٧) في مستوع محدد بخيوط

عضادتي ث أ و ث ب العموديتين على المستويين اللذين ينبغي  
قياس ميلهما وتكون نهاية ب ثابتة على احدهذين المستويين ونقطة  
أ التي يقطع القوس فيها المستوى الآخر دالة على عدد درجات ميل هذين  
المستويين

ولاجل تحديد اتجاه مستو مائل نضعه عادة على مستواقي لخط تقاطع  
المستوى المائل على المستوى الافقي هو المسحى باثر المستوى المائل وبناء على  
ذلك اذا رسمنا بوجه عمودي على هذا الاثر او لاخطا افقيا وثانيا خطا مستقيما  
موضوعا على المستوى المائل فان الزاوية الواقعة المتكونة منهما تكون دالة على  
زاوية المستويين

ويكون خط ث أ المائل (شكل ١٧) الذي يبناه آنفا مائلا اكثر  
من كل خط مرسوم على المستوى المائل وهو ن ح ح م

ولاجل البرهنة على ذلك ترسم افقي س و ص موازيا لاثري ن ح  
من المستوى المائل و ث و أ عمودا على المتوازيين فيكون ن و  
قياس بعدهذين المستويين فاذا نزلنا بنقط س و ص من المستوى  
المائل الموضوع على ارتفاع واحد على نقط ح و ث و ن الخ

المتساوية أيضا كان أقصر بعد اعني خط الاشهاد الاكبر هو خط و ا

العمودي على متوازي س و ص و ح ش ن

واذا تكلمنا على السطوح المنحنية رأينا ان في استعمال الخطوط الاقصية والخطوط ذات الاشهاد الاكبر فائدة عظيمة في رسم صورة هذه السطوح

على المستويات

وقد يكون كل من المستويين عمودا على الآخر اذا تألف منهما من جهتي العين والشمال زوايا متساوية وتكون هذه الزوايا المسووجة بخطوط مستقيمة عمودية قائمة

واذا كان مستقيم عمودا على مستوكانت جميع المستويات الجديدة الممتدة من هذا المستقيم عمودية على ذلك المستوى

وليكن ا ب (شكل ١٨) عمودا على مستوى م ن ح ح

و ف ع د ه هو المستوى الممتد من ا ب فاذا رسمنا على

م ن ح ح ا ب عمودا على ع د فان زاوية با ب التي يقاس بها ميل هذين المستويين تكون قائمة وبناء على ذلك يكون كل من المستويين عمودا على الآخر

واذا كان المستويان المتوازيان مقطوعين بثالث فان مستقيمي التقاطع يكونان متوازيين والافهما متلاقيان في بعض الجهات فاذا يتلاقى كل من المستويين الاول والثاني اللذين هما جزء من هذين المستقيمين وبناء على ذلك يكونان غير متوازيين

وكل مستقيمين متوازيين منحصرين بين مستويين متوازيين يكونان متساويين ويبان ذلك انما اذا مددنا من هذين المستقيمين مستويا ثالثا فانه يقطع المستويين الاولين بحسب المتوازيين الجديدين المشتملين على المتوازيين الاولين فاذا يكون المتوازيان المنحصران بين المتوازيين متساويين



وكل مستقيين مثل أ ب ث و د ه ف (شكل ١٩) مقطوعين  
 بثلاثة مستويات متوازية مثل ن ح و ج ر و ض ط  
 يكونان مقطوعين إلى أجزاء متناسبة

ولاجل البرهنة على ذلك نعد أ ه ف موازيا د ه ف وحيث أن ه  
ر ف و ه و ف هي نقط تلاقى هذين المستقيين مع مستوي  
ح ر و ض ط ينتج معنا أ ه = د ه و ه ن = ه ف  
 غير أن مستقيي أ ب ث و أ ه ف موضوعان على مستوي واحد قاطع  
 لمستويي ح ر و ض ط بحسب مستقيي ب ه و ث ف  
 المتوازيين فاذن يتحصل معنا هذه النسبة

أ ب : ب ث :: أ ه : ه ف :: د ه : ه ف

وقد بقي علينا أن نتكلم الآن على الزوايا المجسمة مثل أ ب ث المتألقة  
 من مستقيات وا و ب و و ث الثلاثة المتلاقية في نقطة و  
 الدالة على ثلاثة أجزاء من مستويات أوب و بوث و ثوا  
 وقد تدل هذه الزاوية كما يترأى لنا على ثلاث زوايا عادية مثل أوب  
و بوث و ثوا وعلى الزوايا الثلاثة الحادثة من المستويات  
 المأخوذة اثنين اثنين ويؤخذ من الهندسة الوصفية الطرق التي يعرف بها الزوايا  
 المتألقة مع المستويات من المتوازيات ومن الزوايا الحادثة من الخطوط  
 وبالعكس

\*(الدرس السابع)\*

\*(في بيان الجسومات المنتهية بالمستويات)\*

قد ذكرنا لك خواص الخط المستقيم والدائرة وبجئنا بالتوالي عن الاشكال  
التي تحدثها الصناعة اما بالخطوط المستقيمة او بالدوائر ولنتكلم الآن بهذه  
الطريقة على المجسمات التي يمكن تحديدها اولا بواسطة المستويات  
وثانيا بواسطة السطوح المخفية المأخوذة من الدوائر فنقول  
كل مجسمين صليبين يكونان متساويين اذا فرض انهما خارجان من قالب واحد  
كصورة نصف شخص وصورة صغيرة صانعهما جبا من واحد

وكل مجسمين صليبين مثل م ن و د ه ف و م و د ه ف  
(شكل ٢٣) يكونان متماثلين الصورة والوضع اذا امكن اتصال نقطتهما  
المتقابلة بخطوط مستقيمة متوازية يكون منتصفهما على مستوى  
ابث العمودى عليهما وهذا المستوى هو تماثل مجموعتهما

\*(بيان اجراء العملية)\*

قد يحتاج في الصناعة لان يحدث في كل وقت اجسام متماثلة بالنسبة لاجسام  
اخرى واجسام مركبة من جزئين متماثلين كالعمارات المنتظمة والهيكل  
والقصور المبنية على حسب مستوي واحد  
وليس الغرض من الانتظام في الغالب الا الزينة واللطافة بالنظر لمحصلات  
الصناعة المقصود منها الثبات والدوام كالبيوت والكنائس وغير ذلك  
وقد يكون الانتظام المذكور لازما للعدة عظيمة من الاجسام التي تحدث عدة  
حركات متساوية مع السهولة جهتي اليمين والشمال وهذا هو الحكم في كون  
القدرة الاهية جعلت لاغلب الحيوانات ضلعين متماثلين متصلين بمستوي  
واحد تمتد في حركتهما المتتابعة الاعتيادية وعلى مقتضى هذا الاصل قد جعل  
المهندس البحري جهتي اليمين والشمال من سفنه متماثلتين بالنسبة للمستوى  
الذي يبين اتجاه السير المتوالى وقد تكون العربات ايضا متماثلة بالنسبة لهذا

المستوى على حسب قاعدة تضاهي هذا الاصل وهم جرا (راجع المجلد الثاني من الكتاب عند ذكر الالات)

والقضيب هو واحد الاجسام الصلبة غير المتناهية التي اوجهها المستوية منتهية بخطوط مستقيمة متوازية وتسمى اضلاعا ويتألف المنشور من قطع القضيب بواسطة مستويين متوازيين ومن ذلك يحصل معنا القطعان المسميان بالقاعدتين وهما شكلان كثيرا الاضلاع عددا اضلاعهما مساو لعدد اوجه المنشور وقد يكون هذا المنشور قائما او مائلا على حسب كون القاعدتين عموديتين او مائلتين بالنسبة لاضلاع المنشور وقد يكون مخروطا ناقصا اذا لم تكن القاعدتان متوازيتين

ويكون المنشور القائم منتظما بالنسبة للمستوى الذي يقطع في زاوية قائمة من المنتصف اضلاعه التي تكون حينئذ اعمدة متممة لشروط الانتظام وهناك ايضا مناشير ناقصة منتظمة بالنسبة للمستوى الذي يقطع كذلك في زاوية قائمة من المنتصف جميع اضلاعها

(شكل ١) ويكون للمنشور المثلثي ثلاثة اوجه وزيادة على ذلك يكون له قاعدتان مثلثتان وجميع التغيرات التي تحصل في شكل المثلث تحصل ايضا في شكل المنشور المثلثي

\*(بيان اجراء العملية في علم النظر)\*

يستعمل الطبيعىون منشورا من زجاج او بلور لتحليل الضوء الذي تفصل اشعته المختلفة في حال مرورها ووجهها من المنشور لتدخل فيه ووجهها آخر لتخرج منه وحينئذ يري بالترتيب الاتي الالوان السبعة الاصلية وهي الاحمر والبرتقائي والاصفر والاخضر والازرق والنيلي والبنفسجي وهذا هو الذي يطلق عليه اسم شعاع الشمس

\*(بيان اجراء العملية في علم المباني)\*

يستعمل البناء منشور **ا ب ث د** قائم المثلث ذا القواعد

المنتظمة (شكل ٧) ليصنع سطح العبارات المنتظمة الذي له وجهان وقوصرات او حائط جملون ويستعمل المنشور الناقص المنتظم (شكل ٨) في السطوح ذات الجوانب الاربع وهذا الشكل هو شكل تلال الاجار المصطفة على جوانب الطرق التي ينبغي اصلاحها وحيث كان هذا الشكل منتظما ومهل القياس امكن في اسرع وقت تحقيق كمية الاجار التي يحتوي عليها كل تل وبهذا الداعي يكون ذلك الشكل **ك** كثير الاستعمال في تلال الرصاص والكل المصنوعة التي في حواصل الطوبجية

\*(بيان اجراء العملية في الميكانيكة)\*

يستعملون في صناعة الآلات منشورا مثلثيا ذا قواعد منتظمة وشاخصا ثابتا تجوز به البراوير والعربات التي يراد أن يكون سيرها كاملا مستقيمة والمنشور المربعي (شكل ٢) هو الذي يحتوي على اربعة اوجه ويكون كل من قاعدتيه شكلا مربعا كما يدل على ذلك اسمه فاذا كان المربع متوازي الاضلاع فان المنشور يسمى متوازي السطوح ويسمى ايضا متوازي المستطيلات اذا كانت جميع اوجهه زوايا قائمة وزيادة على ذلك اذا كانت القاعدة مربعا فانه يسمى متوازي السطوح المربعي وهو شبيه بالمسطور التي تستعمل لتسطير الورق وبالجملة فاذا كانت جميع اوجه متوازي السطوح مربعات فانه يسمى قدحاً مكعباً وهو ما يستعمل في لعب الترد

وللمناشير القائمة المربعة ذات القواعد المنتظمة مستويات منتظمة موازية لاضلاعها ومارة بمحور تماثل كل قاعدة

فاذا كانت القاعدة مستطيلة كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة موازية للوجه الستة المأخوذة منى مشني واذا كانت القاعدة شكلا معيناً كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة احدها المستوى الذي يكون على بعد واحد من القاعدتين ثانيها وثالثها المستوى المارة باقطار الشكل المتوازية من قواعد المعينات

وفي المكعب تسعة مستويات متماثلة منها ثلاثة موازية للوجه وثلاثة مارة

باقطار شكل هذه الواجهة

وفي كل من هذه المناشير تمر مستويات التماسيل بالنقطة المعلومة التي هي مركز المنشور وتقاطع منى منى على الخطوط المجهولة اقطارا ومحاور لا منشور المذكور \* ولم هذه النقطة وتلك الخطوط خواص نافعة في علم الميكانيكة سنذكرها في المجلد الثاني من هذا الكتاب (عند ذكر الالات)

\*(بيان اجرا عدة عمليات مختلفة)\*

يستعمل النجار وقطاع الخشب والحديد وجم غفير من ارباب الصنائع المناشير المنتظمة ذات الواجهة الاربعة وقد تكون شواحي البيوت الافرنجية وعوارضها وسائر اخشاب السقوف مناشير من هذا الجنس وكانت في قديم الزمان مناشير مربعة القاعدة لكنهم منذ عرفوا تقويم قوة الاخشاب حق المعرفة عرفوا فائدة استعمال المناشير الدقيقة الرفيعة في صورة ما اذا كانت هذه المناشير ثقيلة قليلا واستعمال المناشير العريضة في صورة ما اذا كانت ثقيلة كثيرا

وقد تكون الاعمدة المربعة والجاللات المربعة اشكالا متوازية المستطيلات

\*(بيان المناشير البلورية)\*

يشاهد غالبا فيما اوجده الله تعالى في التبلرات الطبيعية من الاشكال الهندسية المتنوعة المضبوطة مناشير مثلثية ومربعية ومسدسية ومثلثية وغير ذلك واعلم ان معرفة هذه الاشكال البلورية من اعظم العمليات الهندسية حيث نشأ عنها معارف نفيسة تتعلق بالجواهر التي يتركب منها هذا البلور وبالجملة فاذا قسمنا هذه التبلورات قسم مضبوطة على حسب اوجه التمام اشكالها الاصلية فالتا تعرف بواسطة الهندسة جميع تنوعاتها ونبين متانة الاشكال الطبيعية حتى الاختلافات العظيمة في الظاهر

ولنبين الان الطرق المستعملة في قطع المنشور القائم في جسم اى شكل كان فنقول

اذا مددنا بقرب الجسم الذي يراد قطعه الى منشور وترا موازيا للاتجاه الذي ينبغي جعله للاضلاع مع فرض ان ذلك الاتجاه افقي لاجل السهولة فانتا نضع على هذا الوتر احد ضلعي المسطرة المثلية الموضوعة وضعنا انهما ثم نعين على هذا الجسم بواسطة الشاقول الذي نوجهه على امتداد الضلع الاخر من المسطرة المذكورة عدة نقط تكون فيما بعد لقاعدة المنشور المراد رسمه وبعد تمام ذلك نقطع بالقاس او بالمنشار او باي آلة كانت الجسم على حسب المستوى المنتصب الذي يمر بالنقط المعينة ثم نرسم على هذا المستوى كثير الاضلاع المتألف من القاعدة ونثقب من مبداء كل رأس من رؤس كثير الاضلاع المذكور ثقباً في الجسم يكون عمقه من جميع جهاته عمودياً على هذه القاعدة وتكون هذه الثقوب اضلاعاً للمنشور ثم فصل كل ضلع الى آخر الجسم على حسب القواعد المذكورة في الدرس السادس ولاجل صحة العملية يلزم ان تثبت من مبداء الامران الاضلاع تكون عمودية مع الاحكام والاتقان على مستوى القاعدة وعلى اضلاع هذه القاعدة التي تتلاقى مع كل ضلع ولاجل مزيد التحقيق ننظر هل جميع الاضلاع تبقى على بعد واحد في سائر الجهات ام لا وهذا امر ضروري لا بد منه وانها تكون موجودة مثنى مثنى في مستوا واحد وهذا يدرك بمجرد النظر متى لوحظ ان اى ضلع من الاضلاع يمكن ان ينفق عن الناظر جميع نقط الضلع التالي او المتقدم عليه مباشرة فاذا نلاحظ اننا لا يمكن ان نعمل القاعدة الثانية فلنرسم بواسطة مسطرة مثلية بان نمد على اوجه المنشور عدة اعمدة على الاضلاع بشرط ان يكون الاخير من هذه الاعمدة يعود مع غاية الدقة والضبط الى النقطة التي ابتدى منها برسم العمود الاول وهذه هي القاعدة المستعملة عند تجارى البيوت ومهندسى السفن

واذا قطعنا الوجه الاول من المنشور وارادنا عمل الالوجه المتلاصقة فانتا نستعمل المسطرة المثلية الصحيحة او القاسدة في مسح الزوايا المتألفة من هذه الالوجه وحدها ومع القواعد ونثقب من مسافة الى اخرى على الوجه الذي

يراد عمل ثوباً عميقة بحيث يكون احد ضلعي المسطرة المثلثية داخلاً في ماع الضبط والصلع الاخر واقعاً على الوجه المصنوع قبل ذلك فاذا كان كل من ضلعي المسطرة المثلثية متجهاً اتجاهها عمودياً على الضلع الذي يفصل الوجه المصنوع من الوجه الذي يراد عمله فان عمق الثقب يكون واقعاً مع الاتقان على هذا الوجه الاخير

وبعد ان تجهز من مسافة الى اخرى الخطوط المؤشرة لا يبقى علينا الا رفع المادة واصلاحها بين هذه الخطوط لاجل عمل الوجه الجديد وقد يرسم بالنظر لعلم الهندسة بواسطة الخطوط التي لا تدل على اختلاف ما بامتدادها ووضعها الاشكال المحدبة والمجوفة القابلة للتعشيق في بعضها مع الدقة والضبط الا انه عند العملية يكون الاختلاف بين نوعي الاشكال المحدبة والمجوفة عظيماً جداً

وقد يظهر لنا من صناعة المناشير شاهد على ذلك وقد ينشأ آفاً الطرق التي بها يمكن عمل المنشور المجوف بواسطة البيكار والمسطرة العادية والمسطرة المثلثية وسائر الآلات الحادة فاذا كان المراد عمل منشور مربع وكان ذلك المنشور متوازي المستطيلات مثلاً كغلب العلب المستعملة في المعامل الصغيرة والمعدة لنقل الاشياء بدأنا بجعل سمك الألواح مستحسنين وبعد ان تفصل هذه الألواح بالمسطرة المثلثية في العرض والطول المطلوبين تكون مناشير محدبة وتكون بمنزلة الاوجه للمنشور المجوف المراد عمله ويكون اثنان منها متقابلين على حسب طول العلبة وعرضها واثنان على حسب طولها وارتفاعها واثنان آخران على حسب ارتفاعها وعرضها ثم نضعها بجوار بعضها بان نضعها اما بواسطة المسامير او بالغراء اما الجهة التي يراد قبلها بكيون او قفل فانها توصل بواسطة منسبل كالرزة مثلاً فاذا كانت الألواح مفصلة مع الضبط حدث بالضرورة عن اتصالها ببعضها شكل متوازي السطوح وانما ينبغي التنبيه على ان الواح الاوجه تكون بالنظر لسمكها منضمة في زاوية مقدارها ٤٥ منحرفة في خطي  $\overline{AA}$  و  $\overline{BB}$  وهم جراراجع

(شكل ٣) اومستوية كما في شكل ٤

واذا كانت العلبة متسعة جدا بحيث لا يكفي ان يكون عرض اللوح وجها  
من اوجيها فالتناضم اليه عدة اللوح متلاممة واذا لم يكن المطلوب شغلا  
محتاجا للاثقان فالتناضع عوارض حيث ما اتفق ونضعها بواسطة المسامير  
التي تكون في العلبة من جهة واحدة كالصناديق العادية المعدة لحفظ  
المهمات والبضائع التي تنقل بواسطة العربات المعدة للنقل

فاذا كان المطلوب اجرا شغل مهم فالتناضم اللوح الى بعضها بان تقطع  
اولا على ساحة احدها الذي هو **ب د ح** (شكل ٥) اسانا  
مخوفا وتقطع ثانيا على ساحة اللوح المتصل الذي هو **ب د ن م**  
حزمتها الصورة **ك** كي يدخل فيه اللسان مع غاية الضبط والاحكام

وليس اللسان في الحقيقة (شكل ٥) الامنشور المحمد باقم الزوايا وليس  
الحزب ايضا الامنشور المحمد باقم الزوايا وبناء على ذلك يمكن عمل كل منهما  
بواسطة القارة كما سنبين لك ذلك

وكذلك العاشق والمعشوق (شكل ٦) فانهما منشوران قائما  
الزوايا احدهما محدد والثاني مخوف وحيث كانا مضاهيين في ذلك الحزور  
والالسنه كانا مفصلين على وجه ينضمان به الى بعضهما مع غاية الدقة والضبط  
فاذا اقتضى الحال ضم منشورين الى بعضهما بواسطة المسطرة المثلية  
فالتناستعمل كلاهما الى العاشق والمعشوق ويمكن تفصيل العاشق بواسطة  
المنشا بخلاف المعشوق فلا يمكن تفصيله الا بالمقراض وزيادة على ذلك يلزم  
لم هذا الاخير مدة طويلة من الزمن وهذا مثال يدل على الصعوبة التي يكابدها  
الشغال في عمل المنشور المحدب والمخوف

وقديظهم رشا من فن التجارة وفن قطع الاخشاب زيادة على ما ذكرناه ايضا من  
الاشكال الاخرى بدية موجهة تتعلق بالاشكال المنتهية بالمستويات  
ومنها ما هو مخوف ومنها ما هو محدد وهي متعشقة ببعضها تعشقا  
جيذا



ويحتاج قطعها الاخشاب في الغالب الى عمل المناشير او راسها بواسطة قطع  
خشب تتركب منها اضلاع المناشير كما في تركيب السقوف مثلا يظهر لنا  
من شكل ٧ تخشيمية السقف الذي يكون على صورة منشور مثلثي يزد في  
الارتفاع على منشور مربعي اى بيت قائم الزوايا متخذ من الخشب ولاجل عمل  
هذا البيت ينبغي القطاع الخشب ان يحل كثير من المسائل الهندسية السهلة  
بموجب القواعد المقررة في هذه الدروس وينبغي له ايضا معرفة مساحة كل  
قطعة من التخشيمية وتحصيل طولها وشكلها الحقيقي مع رواياها  
المرتفعة المنقولة على قطع الخشب التي يفصلها على حسب الصورة المستحسنة  
وغير ذلك

وبناء على ذلك ينبغي لقطاع اخشاب البيوت معرفة سائر اصول الهندسة  
التي ذكرناها آنفا لتيسر له العمل عليها مع الضبط بدون توقف في الاحوال  
العارضة التي يكون عمل الجاهل فيها بالصدفة والاتفاق فيكون فاسدا  
في الغالب

وقد يتق علم الهندسة ايضا مهندس السفن حيث يلزمه احداث اشكال  
تحتاج الى الغزارة في العلم ويكون حسنهم منوطا بصحة العملية بواسطة العلوم  
الهندسية

وهناك اشكال اسهل من المنشور في الظاهر لان اوجهه اقل من اوجه المنشور  
المذكور الا انه اصعب منه في الحقيقة حيث ان اوجهه غير متوازية وهذا  
الشكل هو الشكل الهرمي

ويتركب الهرم كما في شكل ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ٢٠  
من اوجه مستوية مثلثية تكون رأسها في نقطة واحدة ويتألف منها مع  
قاعدتها شكل كثير الاضلاع المستوي وهذا الشكل هو قاعدة الهرم  
وكذلك الرأس المشتركة بين تلك الواجه المثلثية تكون رأس الهرم  
وتكون قاعدة الهرم التماثل شكل كثير الاضلاع التماثل وتكون رأسه  
موضوعة في مستوى التماثل

وقاعدة الهرم المنتظم هي كثير الاضلاع المنتظم بزيادة على ذلك يلزم ان تكون رأس الهرم ومركز القاعدة على مستقيم عمودي على مستوى هذه القاعدة فاذا فرض ان القاعدة اقلية لزم ان تكون رأس الهرم على مركز القاعدة ويكون الشاقول الموضوع بهذا الوجه دال على محور الهرم المنتظم

وقاعدة الهرم المثلثي الذي هو وابث (شكل ١٢) هي مثلث

ابث وقاعدة هرم ابث ده الرباعي (شكل ١١) هي مربع ب ب د د وهم جرا

في كل من ب ب د د والارتفاع ب ب د د سواء كانت مثلثية او مربعة لهما قاعدة ب ب د د المثلثي او الرباعي المتماثلين وفرف البرج والادور (شكل ١٠ و ٩) وكذلك تكون للبرابي او المسلات اهرام منتظمة كالأهرام العمودية وهي في العادة اهرام مربعة ولنشرع الآن في كيفية عمل مسلة من حجر تكون اقلية اعنى ملقاة على الارض ويكون محورها اقرب ايضا وقاعدتها منتصبة قائمة فنقول

تقطع في الصخر او في حجر الصوان مستويا منتصبا ونرسم عليه مربع

ب ب د د (شكل ١١) المستعمل قاعدة للمسلة ثم نبدء بقطع

الوجه الاعلا وهو ا ب د ووجهي ا ب و ا د المتصلين

بعضهما وبنلاحظ اولامع غاية الضبط ان الزوايا المتألفة من اوجه ا ب د

و ا ب و ا د ومن مستوى القاعدة تكون مساوية بالكلية

لزوايا المسلة المرسومة وتكون هذه العملية مضبوطة اذا ثبت ان رأس

ا تكون على مستقيم او العمودي على مستوى القاعدة المار بمركزها

وهو و واذا جعلنا و م على مستوى القاعدة ثم جعلنا ا ن

موازيا ومساويا لخط و م المذكور فانه بواسطة تلك الكيفية يرى

في التجاوين مختلفين ان مستقيم ن م للذي يلزم موازاة لخط او يكون

عودا على أن و م فعلى ذلك يكون محور و أ عموديا على المستقيمين  
 المرسومين من نقطة و على مستوى القاعدة ويكون هذا المحور عموديا  
 ايضا على ذلك المستوى فاذا كانت سائر الشروط متوفرة وكان الخطا الثاني  
 عنها ينضاف لابقى علينا الاعمل وجه أ ب د ه الاسفل الذي يكون مستويا  
 محدودا بضلعي أ ب و أ ه

فاذا اريد عمل هرم مثلثي على اى صورة كانت في كتلة من الحجر  
 او الخشب مع فرض معرفة صورة القاعدة والزوايا المتألفة من مستوى هذه  
 القاعدة ومن الواجه الثلاثة الاخر فالتا نرسم ونقطع الوجه المستوى  
 على حسب القواعد المقررة في الدرس السادس ثم نرسم بواسطة المسطرة  
 المثلية التي يكون ضلعاهما متجهين اتجاهاهما عموديا على ضلعي  
 القاعدة الواجهة الثلاثة المستوية وهي أ ب و و ب ث و  
و أ ث و (شكل ١٢) التي يكون منها مع القاعدة الزوايا المقروضة  
 وهذه الواجهة الثلاثة هي اوجه شكل الهرم

وفي الغالب يكون وضع الرأس معيننا (شكل ١٢) بنقطة م التي  
 يقع فيها عمود و م على القاعدة وعلى ارتفاع و م وفي هذه الصورة  
 نرسم القاعدة وقبعها مستوية ثم تقس بالشاقول ارتفاعا ش

و ح ز المساويين لخط و م فاذا كانت تقطعا ح و ن  
 مساويين لمستوى القاعدة فالتا نرسم و ر = م ح و و ح  
= م ن فتكون نقطة و التي يتلاقى فيها خطا و ر و و ح  
 الاقبيان رأس الهرم ومتى كانت الرأس معلومة فالتا نصغر او لاجم كتلة  
 الخشب او الحجر بان نحدث فيها حوزا على هيئة خط مستقيم بموجب خطوط  
و أ و ب و ث و ثم نسطح تلك الكتلة بين هذه الخطوط  
 المستقيمة

ويسهل علينا في بعض الصور بواسطة الرسم الهندسي ان نبدأ بأخذ مساحة  
 زوايا الواجهة الثلاثة التي على القاعدة ثم نرسم هذه الواجهة من غير ان يحصل

مشقة في وضع الرأس

ولذا يكن في البعد (شكل ١٣) من نقطة  $م$  التي هي موقع عمود  $وم$  النازل من الرأس على القاعدة  $م$  و  $م$  و  $م$  في العمودية على خطوط  $أ ب$  و  $ب ث$  و  $ث ا$  على وجه التناظر ثم ترسم في جهة أخرى مثلثات  $وم د$  و  $وم ح$  و  $وم ز$  القائمة الروايا فتكون زوايا  $وم د$  و  $وم ح$  و  $وم ز$  زوايا الإوجه الثلاثة من الهرم والقاعدة

ويظهر لنا من القواعد التي لا بد منها في رسم المثلث الشروط الضرورية في تساوي المثلثين وكذلك تساوي الهرمين فيكون كل هرمين مثلثين متساويين بقيود أربعة الأول أن تكون الإوجه الثلاثة من أحدهما مساوية للإوجه الثلاثة من الآخر الثاني أن يكون الوجهان والزاوية المستوية المحصورة بينهما من كل من الهرمين المذكورين متساوية الثالث أن يكون الوجه والروايا الثلاثة المستوية التي ينسب إليها هذا الوجه متساوية في كل منهما أيضا الرابع أن تكون الأضلاع الستة متساوية في كل منهما أيضا وهم جرا

وللتدريب على عمل الأهرام ورسمها وحسابها فائدة عظيمة في العمليات التخطيطية التي لا تكون فيها النقط المراد تحديد وضعها في مستوي واحد فعلى ذلك ننقل وضع كل نقطة رصدناها إلى وضع النقط الثلاثة الأخرى التي يكون منها المثلث المجهول قاعدة ونقيس بواسطة الآلات التي هي الغرافومتر ودائرة التكرار والتبديد الرواية التي يضعها الشعاع النظري المعتمد من رأس كل مثلث مجهول قاعدة إلى الشيء المرصود أما بواسطة ضلع القاعدة أو بواسطة مستويها فإذا انضمت الأشعة الثلاثة النظرية إلى ثلاثة أضلاع القاعدة فإنه يتألف منها الهرم الذي تكون رأسه النقطة المرصودة وهذه العمليات الصعبة مقصورة على الصنائع العالية كصناعة مهندسي

الأدورغرافيا والبغرافيا وصنائع المساحين المتوطنين بالعمليات الجسدية  
كالعمليات التي تتعلق بحساب البلاد وجميع ما يخصها

وأذا كان أي جسم منتبها من جميع جهاته بأوجه مستوية فإن هذه الأوجه  
تكون منتبها أيضا بخطوط مستقيمة يتكون منها مضلعات مستوية ومن  
المعلوم أنه يمكن تحليل هذه الأشكال كثيرة الاضلاع إلى مثلثات فعلى هذا

إذا جعلنا نقطة  $و$  في داخل جسم  $أ ب ث$  الخ (شكل ٢١)  
كانت على سطح ما زومه فيمكن أن نعتبرها أولا كراس عدة أهرام مضلعة  
يقدر ما يوجد من الأشكال كثيرة الاضلاع المعتبرة أوجه هذا الجسم وثانيا  
نعتبرها كراس عدة أهرام مثلثية بقدر ما يمكن رسمه من المثلثات على هذه  
الأوجه وفي هاتين الصورتين يحدث عن مجموع هذه الأهرام الجسم بتمامه  
\*(بيان مساحة الأجسام المنتهية بأوجه مستوية)\*

حيث أن المربع قد جعل قياسا للسطوح لزم جعل المكعب الذي هو جسم  
منته من جميع جهاته بالمربعات قياسا للجوهر

وتكعيب الجسم هو معرفة عدة مرات احتواء ذلك الجسم على المكعب  
المأخوذ وحدة ولنبدأ ببيان الكيفية التي يقاس بها حجم المكعب الأكبر بواسطة  
المكعب الأصغر فنقول

لنفرض مثلا أن ضلع المكعب الأكبر هو  $ث$  (شكل ١٤)  
يكون محتويا عشر مرات على ضلع المكعب الأصغر وهو

$ث$  فنقسم المكعب الأكبر إلى عشرة قطوع موازية لأحد أوجهه وممتدة  
في السلك ويكون هذا السلك سمكا للمكعب الأصغر وتكون قواعد هذه  
القطوع محتوية عشر مرات مضروبة في مثلها على أحد أوجه المكعب  
الأصغر وكل قطع منها يمتد على المكعبات الصغيرة عشر مرات مضروبة  
في مثلها فإذاً يكون مجموع القطوع العشرة محتويا على المكعبات الصغيرة  
عشر مرات مضروبة في بعضها ويشار إلى هذا الضرب بهذا الرقم ٣١٠  
وإذاً سجن على هذا المنوال وعرفنا أن  $٢ \times ٢ \times ٢ = ٨$  و ٣

$3 \times 3 = 27$  وهم جراحنا ان اضلاع المكعب الاكبر اذا كانت  
تحتوى على ضلع المكعب الاصغر بقدر عدد من هذه الارقام وهى ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ فانه يوجد في المكعب  
الاكبر من المكعبات الصغيرة ١ و ٨ و ٢٧ و ٦٤ و ١٢٥ و ٢١٦ و ٣٤٣ و ٥١٢ و ٧٢٩ و ١٠٠٠ ولاجل الاختصار في ذلك نقول ان  
٨ هى مكعب ٢ و ٢٧ مكعب ٣ و ٦٤ مكعب ٤  
وهلم جراح معنا عدد المكعبات الصغيرة المحتوى عليها المكعب الاكبر الذى  
يكون ضلعه مساويا لضلع المكعب الاصغر ٢ و ٣ و ٤ من المرات  
وحجم المنشور المربع يساوى حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه  
فلنفرض اولا المنشور المستطيل كما في (شكل ١٥) فنقسمه بالنظر  
لقاعدته الى عدة قطوع بقدر ما يحتوى ارتفاعه من المرات على وحدة  
القياس اى ضلع المكعب الاصغر المأخوذ وحدة لذلك ويوجد مكعبات صغيرة  
في القطع بقدر مرات احتواء قاعدة ذلك القطع على قاعدة المكعب الاصغر  
فعلى ذلك يكون عدد المكعبات الصغيرة الكلى مساويا للعدد الدال على سطح  
القاعدة المضروب في العدد الدال على الارتفاع وهذا هو المسمى بحاصل ضرب  
القاعدة في الارتفاع

وكل منشورين قاعدتهما المستطيلة واحدة وارتفاعهما واحد وكان  
احدهما وهو  $أ ع$  قائما (شكل ١٦) والاخر وهو  $أ ح$  مائلا  
فلنجمعهما يكون واحدا

ولاجل البرهنة على ذلك نلاحظ ان منشورى  $أ ب ه ف$  و  
 $د ش ع$  شش غ المثلثين متساويان لان ارتفاعهما وهو  
 $أ ب$  واحد وقاعدتهما وهما  $ه أ$  و  $د ش$  مثلثان متساويان  
لان  $ه أ = د ش$  ولان الضلعين الاخرين متوازيان على التناظر  
فاذا اضفنا الى متوازي السطوح وهو  $أ ب د ه$  ف  $ع س$   
منشور  $د ش ع$  شش غ المثلثى وطرحنا مساويه وهما

أ ب هـ ف هـ تحصل معنا منشور أ ب ث د هـ ف غ ش  
المربعي المائل فاذن يكون هذا الأخير متحد الحجم مع المنشور المستطيل الذي  
تكون قاعدته واحدة وارتفاعه واحدا

ولنبين مع الموهولة ان حجم منشوري أ ب ث د هـ ف غ ش  
و أ ب ث د هـ ف غ ش (شكل ١٥) متحد مع حجم أي  
منشوري يكون ارتفاعه واحدا وقاعدته شكلين متوازيي الاضلاع  
سطحهما مساو لسطح قاعدة أ ب ث د المستطيلة  
وحجم المنشور القائم الثلثي يساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وذلك لانه يمكن تقسيم كل منشور مربعي مثل أ ب ث د هـ ف غ ش  
(شكل ١٧) الى منشورين مثلثيين متساويين في الحجم وهذا التساوي  
يحصل ايضا اذا جعلنا اضلاع متوازي السطوح مائلة بدون ان تتغير قاعدته  
وارتفاعه الا ان سطح قاعدة المنشورين الثلثيين الذي هو أ ب ث  
او أ د ث يكون نصف سطح أ ب ث د الذي هو قاعدة متوازي  
السطوح فاذن يكون حجم المنشور الثلثي مساويا لحاصل ضرب قاعدته  
في ارتفاعه

وحجم كل منشور كثير الاضلاع مثل أ ب ث د هـ ف غ ش  
(شكل ١٨) يساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه  
وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذا المنشور الى عدة مناسير مثلثية بقدر احتوائها  
قاعدته وهي أ ب ث د على مثلثات مثل أ ب ث و أ د ث الخ  
يكون ارتفاعها عين ارتفاع المنشور الكلي فيكون حجمها الكلي هو مجموع  
القواعد المثلثية التي هي أ ب ث و أ د ث و أ د هـ مضروبا  
في الارتفاع

\*(بيان تكعيب شكل الاهرام)\*

وانبسط بالهرم المثلث فنقول

حجم الهرم المثلث هو ثلث حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبرهان ذلك اننا اذا اخذنا اي منشور مثلثي مثل أ ب ث (شكل ١٩)

وقطعناه بمستوى ا ب ه المار بخط ا ب الذي هو ضلع القاعدة

ونقطة و التي هي رأس الزاوية فتحصل معنا اولاً هرم أ ب ه

المثلثي الذي تكون قاعدته وارتفاعه عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبقى علينا

الهرم المربعي الذي قاعدته ا ب د ورأسه ه فنقسمه بمستوى

ا د ه الى هرمين مثلثيين فيتصل معنا هرم ا د ه ف المقلوب الذي

قاعدته د ه ف ورأسه ا فعلى هذا تكون قاعدته هذا الهرم وارتفاعه

عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبالجمله اذا قابلنا هرم ا ب ه وهو الثالث

بهرم ا د ه ف فانه يترآى لنا انه يساويه في الحجم لانا اذا جعلنا مثلث

ا د ف = ا ب ه بالنظر لقاعدتيهما كان رأس الهرمين وهو

ه واحداً فاذن يمكن اعتبار حجم كل منشور مثلثي مكافئاً لحجم ثلاثة اهرام

ارتفاعها واحد وقاعدتها واحدة فعلى ذلك يكون حاصل ضرب قاعدة

كل هرم في ارتفاعه الذي هو حجم المنشور مساوياً لثلاث مرات لحجم هذا

الهرم

وحجم اي هرم كان (شكل ٢) يساوي ثلث حاصل ضرب القاعدة

في الارتفاع

وبرهان ذلك ان تقسم القاعدة الى مثلثات مثل ا ب ث و ا ب د

و ا د ه الخ يكون كل منها قاعدة لهرم مثلثي رأسه نقطة و ويكون

قياس كل من هذه الاهرام المثلثية سطح مثلثات ا ب ث و ا ب د و ا د ه

الخ مضروباً في ثلث ارتفاع و س المشترك فعلى ذلك يكون قياس

الهرم الكلي هو حاصل ضرب القاعدة الكلية في ثلث هذا الارتفاع



بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته بأوجهه مستوية على حسب المطلوب (شكل ٢١)

إذا جعلنا في هذا الجسم أى نقطة مثل  $و$  رأساً للآهرام التى تكون قاعدتها أوجه الجسم المستوية فإن مسطح كل وجهه مضروباً فى ثلث بعده من رأس  $و$  يكون حجم الهرم المقابل ويكون مجموع الحواصل حجم الجسم وتسهيل هذه الطريقة يتبغى المكث فى داخل الجسم ذى الأوجه المستوية وقياس بعد كل وجه عن هذا المستوى مع الضبط وعدم التساهل والأفضى بناءً على ذلك إلى الوقوع فى عمليات هندسية عويصة مشكلة لا تلائم سرعة عمليات الصناعة وسهولاتها وهذا الطريقة أخرى تفضل الأولى فى السهولة والسرعة ولنبحث قبل أن نتصدى لذلك هذه الطريقة عن تقويم حجم المنشور

الناقص المثلثى مثل  $أ ب ث د ه$  (شكل ٢٢) ثم قسمه إلى ثلاثة آهرام وتضعل قاعدة الأول  $أ ب ث$  وارتفاعه  $ب ه$  فعلى ذلك يكون حجمه قاعدة  $أ ب ث$  مضروبة فى ثلث  $ب ه$  والثانى الذى قاعدته  $أ ث ف$  ورأسه فى  $ه$  يكون مكافئاً للهرم الذى رأسه فى  $ب$  وقاعدته  $أ ث ف$  والذى قاعدته  $أ ب ث$  ورأسه فى  $ف$  ويكون الهرم الثالث الذى هو  $أ د ف ه$  مكافئاً للهرم  $أ د ف ب$  المكافئ للهرم  $أ ب ث د$  فاذن يكون منشور  $أ ب ث د ه$  الناقص مكافئاً فى الحجم للآهرام الثلاثة التى قاعدتها المشتركة  $أ ب ث$  ورواسها المتناظرة فى  $د و ه و ف$  على نهاية الأضلاع الثلاثة

فإذا كانت تلك الأضلاع عمودية على القاعدة كان حجم الآهرام الثلاثة والمنشور الناقص هو سطح  $أ ب ث \times \frac{1}{3} (أ د + ب ه + ث ف)$

فإذا كان المطلوب حجم منشور  $م ن و د ه ف$  الناقص (شكل ٢٣)

المحصولين مستوي مرن و د ه ف المائلين على اضلاع المنشور  
فاننا لاجل ذلك نقرض ان ا ب ث يكون عموديا على هذه الاضلاع  
فينتصل معنا ما يأتي وهو

$$\text{حجم } \overline{\text{ا ب ث د ه ف}} = \text{سطح } \overline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{ا د} + \text{ب ه} + \text{ث ف})$$

$$\text{وحجم } \overline{\text{ا ب ث م ن و}} = \text{سطح } \overline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{ا م} + \text{ب ن} + \text{ث و})$$

فاذن ينتج من ذلك

$$\text{حجم } \overline{\text{مرن و د ه ف}} = \text{سطح } \overline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{د م} + \text{ه ن} + \text{ف و})$$

ويسهل علينا بواسطة هذه القواعد تحديد حجم الجسم المنتهي باوجه مستوية  
بان نقسم هذا الجسم الى مناشير كاملة ومعنا شير ناقصة مثلثية يسهل معرفة  
حجمها على القور فيكون مجموع هذه المجموع هو نفس حجم الجسم  
ويمكن ان نبرهن مع السهولة على ان حجم كل منشور تام او ناقص مربعي مثل

ا ب ث د ه ف ع ش (شكل ٢٤) اضلاعه عمودية على  
قاعدة ا ب ث د هو سطح هذه القاعدة مضروبا في ربع مجموع  
الاضلاع الاربعة التي هي ا ه و ب ف و ث ع و د ش

ويبان ذلك اتنا اذا قسمنا بالنوال المنشور المربعي الى منشورين مثلثين  
كتشوري ا ب ث ه ف ع و ا د ث ه ش ع ثم الى منشوري

أبد ف ش و ب ث د ف ع ش فحصل معناجم

المنشورين الاولين  $= \frac{1}{4}$  سطح ا ب ث د  $\times \frac{1}{4}$  (ا ه)

+ ب ف + ش ع + ا ه + د ش + ش ع

وحجم المنشورين الاخرين  $= \frac{1}{4}$  سطح ا ب ث د  $\times \frac{1}{4}$  (ا ه)

+ ب ف + د ش + ب ف + ش ع

+ د ش

فاذا اخذنا مجموع هذين الحاصلين فحصل معناجم المنشور المربعي مرتين

$= \frac{1}{4}$  سطح ا ب ث د  $\times \frac{1}{4}$  ( ٣ ا ه + ٣ ب ف

+ ٣ ش ع + ٣ د ش ) فاذن يكون حجم المنشور المربعي

في حد ذاته  $\frac{1}{4}$  سطح ا ب ث د ( ا ه + ب ف + ش ع

+ د ش )

\*(اجراء العملية في تكعيب قارن السفن)\*

قد تقدم لنا في الدرس السابق انه يمكن تقسيم القارن الى قطوع افقية بواسطة

المستويات الافقية من خطوط الماء التي تكون على بعد واحد من بعضها

ويمكن تقسيمه ايضا الى قطوع منتصبة بواسطة مستويات اخرى تكون على

بعد واحد من بعضها ايضا وتسمى مستويات الازدواج وتقطع هذه

المستويات حجم القارن الى مناشير مستطيلة متساوية القاعدة ناقصة من

كل جانب ويتصل الحجم الكلي لهذه المناشير الناقصة بضرب قاعدتها

المشتركة في ربع اربعة اضلاع كل منشور الان كلامن هذه الاضلاع

الاربعة يستعمل في اربعة مناشير (ماعدنا اضلاع الجوانب فانها لا تستعمل

الافى منشورين فقط ولذلك لا يمكن اخذ كل منها الانصف مرة وهناك اربعة

اضلاع لا تستعمل الافي منشور واحد فلا يؤخذ منها الا ربع ليضاف الى مجموع

الاضلاع

الاضلاع المستعملة في اربعة مناشير) فاذن يكون الجسم الكلي للقارن مساويا لسطح احد المستطيلات اعنى حاصل ضرب بعد مستويات خط الماء في بعد مستويات الازدواج وفي مجرد مجموع سائر هذه الاضلاع التي تكون اقصية وموضوعه معا على كل مستو من مستويات الازدواج وعلى خط الماء وتستعمل هذه العملية التقريبية السهلة الوجيزة في معرفة حجم اى جسم كان وكل جسمين متماثلين يكونان متساويين في الحجم

وبيان ذلك اننا اذا قسمنا هذين الجسمين الى مناشير ناقصة مثلثية اضلاعها المخطوط المتوازية التي تحددها تماثل في كل منشور ناقص مثل

**م ن و د ه ف** (شكل ٢٣) موضوع من جهة مستوى التماثل الذي

هو **ا ب ث** تحصل معنا من الجهة الاخرى منشور **م ج و د ه ف**

الناقص بشرط ان **د م = ز م** و **ه ن = ه و** و **ف و = ف و** فيكون المنشوران الناقصان متساويين في الحجم فاذن يكون مجموع سائر هذه المناشير الناقصة بالنظر للجسم الاول مساويا لمجموع سائر المناشير الناقصة المتقابلة بالنظر للجسم الثاني فعلى هذا اذا كان الجسمان ذوا الواجهة المستوية متماثلين كان حجمهما دائما متساويين وحيث كانت هذه الخاصة صحيحة ايا ما كان عدد الواجهة فانها تكون ايضا صحيحة اذا كان هناك عدة اوجه صغيرة يمكن بواسطتها اعتبار الاجسام منتهية بسطوح منخنية لا باوجه مستوية

وبناء على ذلك يكون كل مستوى تماثل اى جسم قاسما لهذا الجسم الى قسمين متساويين في الحجم

\*(بيان الجسمان المتشابهة)\*

يكون هـ رما **ا ب ث د** و **ا ر ث** (شكل ٢٠) متشابهين

اذا كانت اضلاعهما المتقابلة وهى **ا ب و ا ر و ب ث و ر ث**

و ساد و ثد و اد و اء متوازية  
 وذلك لان من المعلوم ان المثلثات المتألفة من اوجه الهرمين المتقابلة تكون  
 متشابهة اذا كانت اضلاعها متوازية فاذن تكون الزوايا الثلاث المستوية  
 التي يتكون منها رأس كل من الهرمين متساوية كل لنظيرتها وازيادة على  
 ذلك تكون الاضلاع الثلاثة التي يتألف منها كل زاوية مجسمة متوازية  
 اذا طبقنا هرم ا-ر-ث على الهرم الاخر مع التوازي بحيث تكون  
 نقطة ا واقعة على ا و ا-ر على اب و ا-ث على اث  
 و اء على اد فاذن تكون مستويات ا-ر و اب و ا-د  
 و ابد و ا-ث و اثد منطبقة على بعضها وبناء عليه  
 تكون زاويتا ا و ا المحسمتين من الهرمين متساويتين وبذلك يبرهن  
 على ان زوايا ب و ر و ث و ث و د و د و ء تكون  
 متساوية وحينئذ متى تحقق هذا الشرط وهو كون اضلاع الهرمين المتقابلة  
 متوازية كانت جميع الشروط المعبرة في تشابه الشكلين متحققة ايضا  
 فاذا كانت اوجه الهرمين المثلثيين متناسبة بدون توازي اضلاعهما فانهما  
 يكونان متشابهين

وبيان ذلك انه اذا كانت الاضلاع الثلاثة من كل من اوجههما المتقابلة  
 متناسبة فان هذه الاوجه تكون متشابهة وتكون الزوايا المستوية متساوية  
 فاذن تكون الزوايا المجسمة المتألفة من الاوجه ثلاثا ثلاثا متساوية ايضا وتكون  
 جميع شروط التناسب موفى بها

وكل مجسمين منتهيين باوجه مستوية يكونان متشابهين اذا كانت اضلاعهما  
 المتقابلة متناسبة وكانت زواياهما المتقابلة متساوية سواء كانت مستوية  
 او مجسمة

وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذين المجسمين الى اهرام اضلاعها متناسبة

وزواياها المتقابلة متساوية

وجماهرى  $\overline{ا ب ث د ه الخ}$  و  $\overline{ا ر ش د ه}$  المتشابهين  
 (شكل ٢٦) يكونان مناسبين لمكعبات الاضلاع المتقابلة ويبان ذلك  
 ان حجم كل هرم يساوى حامل ضرب قاعدته في ثلث ارتفاعه فعلى ذلك  
 اذا كانت قواعد  $\overline{ب ث د ه ف}$  و  $\overline{ر ش د ه ف}$  الخ اشكالا  
 متشابهة فانها تكون مناسبة للمربع المرسوم على احد اضلاعها فيحصل  
 حينئذ (شكل ٢٦) هذه النسبة وهى

سطح  $\overline{ب ث د ه ف}$  :  $\overline{ر ش د ه ف}$  ::  $\overline{ب ث م ن}$

:  $\overline{ر ش م د}$  فاذا رتبنا حينئذ على  $\overline{ب ث م ن}$  و  $\overline{ر ش م د}$   
 المجموعين قاعدتين مكعبا فانه يتحصل معنا جما المكعبين وهما

$\overline{ب ث}^3 = \overline{ب ث}^2 \times \overline{ب ث}$  و  $\overline{ر ش}^3 = \overline{ر ش}^2 \times \overline{ر ش}$   
 $\times \overline{ر ش}$  لكن نسبة  $\overline{ب ث}$  :  $\overline{ر ش}$  ::  $\frac{1}{3} \overline{ا ش}$  :  $\frac{1}{3} \overline{ا ش}$

فاذن تكون نسبة  $\overline{ب ث}^3$  :  $\overline{ر ش}^3$  ::  $\overline{ب ث}^2 \times \frac{1}{3} \overline{ا ش}$  :  $\overline{ر ش}^2 \times \frac{1}{3} \overline{ا ش}$

ففي التناسب الاخير يكون الحدان الاخيران دالين على حجم الهرمين والحدان  
 الاولان دالين على حجم المكعبين

ونسبة حجوم المجسمات المتشابهة المنتهية باوجه مستوية على حسب المطلوب  
 كنسبة مكعبات الخطوط المتقابلة

ويبان ذلك انه يمكن تقسيم تلك المجسمات الى اهرام متشابهة متحدة العدد ونسبة  
 اضلاعها المتقابلة واحدة وهى  $\overline{ر}$  الان الهرمين اللذين تكون نسبة  
 اضلاعها المتقابلة الى بعضها كنسبة  $\overline{ا}$  الى  $\overline{ر}$  تكون نسبة حجمهما

الى بعضها كنسبة  $\frac{1}{2}$  الى مكعب  $\frac{1}{8}$  فاذا ضممنا من جهة الالهرام الصغيرة الى بعضها وضمنا من جهة اخرى سائر الالهرام التي تزيد عنها في الحجم بقدر  $\frac{1}{8}$  اعني ثلاث مرات فان نسبة الججوم الى بعضها تكون

الى  $\frac{1}{8}$

وينبغي ان نوضح هذا الدرس للتلامذة بان نبين لهم المناشير والالهرام المخوفة المتساوية والمتشابهة والمتماثلة الخ ونوضح لهم ايضا الدروس الالية بان نبين لهم الاسطوانات والمخاريط والاكر المخوفة مع القطوع المحكمة العمل

\*(الدرس الثامن)\*

\*(في بيان الاسطوانات)\*

اذا تحرك خط مستقيم على امتداد خط منحن مثل  $\text{أ ب ث د}$  الخ (شكل ١ و ٢ و ٣) وكان داتما موازيا لاتجاه معلوم فانه يتولد منه اسطوانة ومن ثم يطلق عليه مولد الاسطوانة وكل مستقيم مثل  $\text{أ أ}$  و  $\text{ب ب}$  و  $\text{ث ث}$  الخ يدل على وضع الخط المولد لها فانه يكون احد اضلاع تلك الاسطوانة

وهنا عدة انواع مختلفة من الاسطوانات بقدر ما يوجد من انواع المنحنيات مثل  $\text{أ ب ث د}$  الخ التي نستعمل في استقامة حركة خط التولد ويمكن ايضا ان نصنع بواسطة منحنى  $\text{أ ب ث د}$  (شكل ١ و ٢) عدة اسطوانات مختلفة على حسب ما في مستقيم  $\text{أ أ}$  و  $\text{ب ب}$  المولد لها من الانحرافات المتنوعة

وحيث انه يترآى المهندس ان المستقيم التام يعتمد من طرفيه الى ما لانهاية له لزم ان تمتد الاسطوانة من طرفي اضلاعها الى ما لانهاية حتى تكون تامة ولكن للأسطوانة في الصناعة طول محدود داتما من طرفي اضلاعها فاذا كان لكل اسطوانة عند الصانع نهايتان

فاذا

فاذا كانت الاسطوانة منتهية من احد طرفيها بمسطح **ا ب ث** المستوى  
سمى هذا المسطح قاعدة واذا كانت منتهية من الطرفين بمسطحات مستوية  
متوازية كان لها قاعدتان وقد تكون هذه الاسطوانة قائمة (شكل ١)  
او مائلة (شكل ٢) على حسب ما تكون عليه اضلاعها من كونها  
عمودية او مائلة على مستويي القاعدتين

وفي بعض الاحيان يكون احد المستويين اللذين يحددان الاسطوانة غير مواز  
للآخر كما في (شكل ٨) حيث يرى فيه اسطوانة منتهية بمسطحي

**٢** **ا ب ث ك** و **م ن ح ح'** المستويين فنقرض نيا على ذلك ان  
مستوى **م ن ح ح'** هو الذي نشأ عنه نقصان الاسطوانة ذات

القاعدتين المتوازيتين اللتين هما **ا ب ث د** و **ا ر ث د** ويطلق  
ناقص الاسطوانة او الاسطوانة الناقصة على كل من جزئي

**ا ب ث د م ن ح ح'** و **ا ر ث د م ن ح ح'**

واذا كانت قاعدة الاسطوانة دائرة سميت الاسطوانة مستديرة ونسجي عند  
الصناعة باسم الاسطوانة فقط لانها هي المستعملة دون غيرها في اغلب  
فروع الصناعة

ثم ان خط **و و** المستقيم (شكل ٤) الممتد من مركز الدوائر المستعملة  
قواعد الاسطوانة المستديرة هو محور الاسطوانة وهو المار بمركز جميع الدوائر  
الحادثة من قطع الاسطوانة بمستويات موازية لمستويي القاعدتين

وعلى حسب خواص المتوازيات (التي تقدم ذكرها في الدرس الثاني) يكون  
سطح الاسطوانة على حالة واحدة دائمة مع الضبط اذا كان منشأه اما حركة

خط مستقيم آخذ على التوالي اوضاع **ا ا** و **ب ب** و **ث ث**

و **د د** الخ المتوازية على امتداد **ا ب ث د** (شكل ٣)



ولما حركة المنحنى **أ ب ث د** (شكل ٤) لا تختل أيضا على المتوالي

اوضاع **أ ب ث د** و **أ ب ث د** و **أ ب ث د** الخ المتوالية  
على امتداد خط مستقيم بحيث تكون نقطة الخط المنحنى التي هي **أ** مثلا

شاغلة بالتدريج لاوضاع **أ** و **أ** و **أ** الخ من ضلع **أ أ**

وقد استعمل ارباب الفنون الطريقتين في احداث الاسطوانة القائمة  
والمستديرة وقد يوزن احدهما على الاخرى على حسب ما تقتضيه حاجتهم  
من توسيع هذا السطح اعني الاسطوانة من جهة دون اخرى وهما الطريقتين  
المدكورتين

الطريقة الاولى في صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع

اذا اقتضى الحال توسيع الاسطوانة اتساعا كاملا بواسطة اضلاعها فانه يرسم

في داخل الدائرة او خارجها مضلع ذو اضلاع كثيرة مثل **أ ب ث د ه**  
ثم يرسم مع غاية الضبط عدة اوجه صغيرة مستوية وهي متوازيات اضلاع

**أ ب ا** و **ب ث ث** الخ (شكل ٣) وتكون بقدر

ما في القاعدة من الاضلاع ثم تصلح الاضلاع البارزة بواسطة القارة او القادوم  
او المنشار ونحو ذلك مما يصلح من الآلات لقطع السطوح المستوية متبعين

الاتجاه الطولي من مستقيمتين **أ أ** و **ب ب** و **ث ث** المتوازية

ونجعل الاسطوانة مستديرة وبهذه الطريقة تتحقق من توفر الشروط في سطحها

لكونه متكونا من اضلاع مستقيمة ومتوازية لكن لا تتحقق من كون محيط

السطح الحادث من هذه الاضلاع دائرة لان الاتساع الثاني عن القارة

والقادوم وغيرهما انما يكون في الجهة المستقيمة من الاضلاع لافي جهة المحيط  
المستدير

\*(بيان اجراء العملية في صناعة صواري السفن)\*

ينبغي ان يكون سطح هذه الصواري لاسيما الصواري العليا (اي الغاية

والبواقي (كما) ممتد من جهة الطول حتى يمكن ترزلق اطواق الرواجع (المسماة باطواق التعشق بلا مانع) من اسفل الى اعلا وعكسه حول هذه الصواري فن ثم يعمل الصانع الصواري على حسب الطريقة التي ذكرناها آنفا

الطريقة الثانية في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية المتوازية اذا كان المطلوب من مبدء الامر ان يتحقق من الامتداد في الجهة العمودية على طول الاضلاع فاننا نستعمل اولا المخرطة ونرسم بهامع التوالى عدة دوائر مثل ا ب ث و ا ب ث و ا ب ث الى آخره (شكل ٤) حتى يتألف من مجموعها شكل اسطوانى فيتحقق اذن ان السطح المصنوع كامل الاستدارة ويعتمد في الجهة المعترضة ولكن لا يمكن باى وجهه من الوجوه ان يتحقق من الامتداد في الجهة الطولية

\* (بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار) \*

قد شاهدنا في ترسانات انكلترة انهم يستعملون الطريقة الآتية في خرط السطوح الاسطوانية وحاصلها ان تأخذ من مبدء الامر منشورا من الخشب بقدر اربعة اشبار او ثمانية ثم تدفعه في داخل الفارة المستديرة فيمجرد سيره وتحوركه يكون مستديرا بمجديد الفارة وبهذه الطريقة يتألف سطح اسطوانى محكم الاستدارة اذا كان المنشور كامل الاستقامة لكنه يكون غيراين رأسا اولينا قليلا اذا كان قضيب الخشب ماثلا من بعض الجهات واذا كان المطلوب عمل سطح اسطوانى مع الدقة لزم ان يتحقق من الامتداد في كلتا الجهتين وهالك ما يمكن عمله وذلك بان نوجه آلة الخرط الحادة بواسطة دليل مواز لمحور الاسطوانة بحيث يكون سن الآلة على بعد واحد من هذا المحور فان ثبت ان سائر الدوائر مساوية لبعضها وان الاضلاع مستقيمة الخطوط مع غاية الضبط

\* (اجراء العملية في التكعيبات والتشديكات وغيرها) \*

قد يتكون الطريقتان اللتان يمكن بهما تركيب الاسطوانة من حيث  
هي مستعملتين في رسم سطوح الضوء الاسطوانية ~~كسطوح~~  
التشبيكات والتكعيبات فتستعمل لرسم الاضلاع خيوطا اوقضباناً من  
حديد او اعمدة من خشب او حبال بسيطة ممتدة على خط مستقيم وقد تكون  
الطارات المأخوذة من مادة واحدة دالة على الخشبات المتساوية الموازية  
لتساعد في الاسطوانة اذا كان قدر هذه الطارات وانحنائها واحداً ثم نلحم  
او نلصق بواسطة السلوك المعدنية او غيرها الاضلاع والتخينات في كل نقطة  
تتقاطع هي فيها وبذلك يكمل رسم السطوح الاسطوانية ولذا نجعل الابرار  
واعدة للتكعيبات والاقصصة والتقف وغير ذلك على صورة شكل اسطوانى  
ويمكن رسم الاسطوانات المعلومة السمك بان نجمع عدة اسطوانات  
صغيرة بجوار بعضها ونلصقها في الخارج بواسطة طارات او سيور مستديرة  
وذلك كالزنايل المستعملة في الاشغال الحربية والحرب المضمومة الي بعضها  
التي يكون القصد منها الزينة او المنفعة او غير ذلك

ومن الفنون ما يكون الغرض الاصل منه صناعة السطوح الاسطوانية  
بان تنثى السطوح المستوية المتواصلة (راجع السطوح المنفردة في الدرس  
العاشر)

فلذا يأخذ صانع آلات الكيل الواح مصلحة وممهدة يكون سمكها رقيقاً من جميع  
جهااتها حتى يمكن انشاؤها على حسب الصورة وابعاد المعايير المتنوعة  
كالهكتولتر والديكالتروالتر وهلم جرا وكان اسم المدي يطلق على المعيار القديم  
الاسطوانى المستعمل في كيل الحبوب ويسمى صانعه في اصطلاحهم  
صانع المد

ويمكن للصانع ان يتحقق من الصورة الاسطوانية للامداد بان يجعل مقعرها  
مستويا صلباً بمقعر البراميل وفي الغالب يكون الطرف الاعلا من هذه الامداد  
محاطاً بدارة من الحديد لها قطر اوقطران من الحديد ايضاً وهذا هو منشأ  
عدم اختلال المعيار وعدم تغير صورته وهيئته

وفي الغالب يصنع النحاس والسكري بواسطة صفائح رفيعة جدا من النحاس  
او الصفيح الايض او نحو ذلك سطوحا اسطوانية اسهل صناعة من جميع  
السطوح المنحنية المطلوب عملها وذلك كاتاييب المداخن والياترير وغيرهما  
واذا علم كل من هذين الصانعين قطر كل انبوبة وطولها يعمل عليه عادة  
معرفة محيط هذه الانبوبة الذي يعرف به عند ضربه في الطول سطح صفائح  
النحاس والصفيح وغيرهما اللازمة للصانعين المذكورين

ويبقى لنا ان نضيف اولاً الى محيط الانبوبة عرضاً يساوي التحام جزئ  
كل صفحة يلزم التحامها لاجل تركيب الاسطوانة وثانياً نضيف الى كل  
من اطوال الاناييب قدر يساوي طول تعشق طرفيها

وينبغي ان تكون قدور الآلات البخارية معدودة من جهة الاشغال المهمة  
التي يصنعها النحاس على صورة الشكل الاسطوانى الان قاعدة هذه القدور  
تكون غير مستديرة (راجع شكل ٥) ويلزم لاجل جمع صفائح النحاس  
المتنوعة التي يتركب منها القدر الكبير استعمال المسامير الاسطوانية والمبرشمة  
التي تدخل في الصفائح مع الضبط والاحكام بحيث لا ينغذ منها ولا من الصفائح  
الداخلية فيما جاز من البخار ويوصل الى ذلك بواسطة اربعة مخارج او خمسة  
تكون على بعد واحد من بعضها ومؤلفاً منها قالب واحد يمكن صعوده وهبوطه  
على التعاقب بواسطة آلة ميكانيكية قوية جدا وقد تكون الصفائح التي يصنع فيها  
الثقوب الداخلة فيها المسامير المبرشمة موضوعة على بروز وهذا البرواز  
لا يتحرك عند انخفاض القالب لتكون جميع المخارج تاقبة للصفحة على البعد  
المطلوب واما عند ارتفاعه بعد عمل الثقوب الاسطوانية فيتمدد الصفائح على  
طول بحيث تكون المخارج عند انخفاضها ثانياً تاقبة للثقوب الاربعة  
او الخمسة الالية على البعد الموافق للثقوب المتقدمة

وليس استعمال هذه الطريقة مقصوراً على مجرد تجهيز جمع الصفائح المعدنية  
التي يتركب منها القدور الكبيرة البخارية بل تستعمل ايضا في جمع الصفائح  
المستعملة في صناعة غطاء السفن الخارجى المتخذ من الحديد وصناديق الماء

النار في البحر المخترعة عن قريب

ولتنبه في شأن هذه الصناديق المتخذة من الحديد التي يكون شكلها مكعبات  
او منشائر مستطيلة ناقصة على ان اضلاع هذه المكعبات والمنشائر تكون حادة  
ومتخذة من صفائح مستديرة على شكل ربع اسطوانة قائمة مستديرة  
ايضا

ويصنع كل من صانعي الرصاص والمزامير انابيب ذات شكل اسطوانى ولاجل  
عمل هذه الانابيب يمكن ان تنفى كما ينشأ الخماس والسكري او تسحب بواسطة  
المسحبة

\*(بيان صناعة الاسطوانات)\*

\*(بالمد والسحب)\*

لنذكر لك هنا الطريقة المستعملة في ترسانة مدينة قطام لصناعة  
اسطوانات مجوفة من الرصاص يكون سمكها وقطرها ماوسين

وليكن **أ ب ث د** (شكل ٦) هي الاسطوانة المصبوبة التي يكون  
قطرها هو القطر الداخلى للاسطوانة المجوفة المطلوب تحصيلها فنصب اولاً  
حول الاسطوانة او حول قالب متحد القطر اسطوانة من الرصاص غلظ  
واقصر من الاسطوانة المطلوب عملها وتدخل اسطوانة **أ ب ث د**  
المصبوبة في الاسطوانة المجوفة ثم نمر بالانثين في المسحبة التي تضيقها في جميع  
المرات وبثأثير هذه المسحبة ترق الاسطوانة المجوفة وتبسط اذا كان قطرها  
الداخلى هو قطر اسطوانة **أ ب ث د** وتجعل لها بالتدريج سمكاً ملائماً  
لها فيتحصل من هذه الطريقة اسطوانات استقامتها محققة في كلتا

الحالتين اذا كانت اسطوانة **أ ب ث د** مصنوعة مع الضبط  
وقد تكون السلوك المعدنية بحسب سمكها وغلظها وكذلك قضبان الحديد  
المستديرة اسطوانات مصنوعة من تحويلها الى قطر مناسب بواسطة آلة المد  
والبسط وتدخل من وسط ثقوب مستديرة يطلق عليها اسم المساحب وتصفى

هذه الثقوب المستديرة شيئاً فشيئاً لاجل جعل سمك التضيب أو السلك بالتدريج في كل متر

\*(بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب)\*  
وهي صناعة الانابيب الحديد المصبوب المستعملة في الممالك الافرنجية لاجل تسليك المياه والغاز والانابيب المستعملة لطلبات المياه والهواء والبخار وغير ذلك

\*(بيان صناعة الاسطوانات بالنقب)\*  
يكفي في عمل الانابيب صناعة الصب وذلك كالانابيب المستعملة في جريان المياه التي لا يحتاج فيها الى اشكال محكمة الضبط بخلاف الانابيب المحتاجة للضبط الهندسي كالانابيب لطلبات وكذلك داخل المرفع والابوس والهون فانه ينبغي فيها انما لتابع الطرق الصعبة كعملية النقب (راجع السطوح الدائرية في الدرس الثاني عشر)

\*(بيان صناعة الاسطوانات بالنشر)\*  
يمكن عمل الاسطوانات بالمنشار وهو على وجهين الاول ان نجعل الجسم المطلوب نشره ثابتاً ونقرب منه المنشار بالتوازي لاتجاه معلوم بشرط ان يكون تابعا لمنحن مرسوم قبل ذلك وهذا هو ما يفعله نشارو الطول الوجه الثاني ان نجعل المنشار صاعدا اوهابطا في اتجاهه الاصلي من غير ان يتقدم او يتأخر ونجعل للجسم المطلوب نشره حركة مائلة مناسبة وبهذا الوجه تصنع السطوح الاسطوانية في دواليب النشر

\*(بيان صناعة الاسطوانة عند المعمارجية)\*  
اذا اراد البنائون عمل سطح اسطوانى كقوسرة الباب والقبة او عين قنطرة او غير ذلك فانهم يصنعون اولاً من الخشب سطحاً اسطوانياً مجوّفاً تجويفاً تاماً متعامداً مع محيط القوسرة المطلوب صنعها ويركبون من مسافة الى اخرى شكلاً كثيراً الاضلاع مثل **ا ب ث د ه** (شكل ٧) يكون داخل محيط القوسرة المذكورة ويجعلون لهذا المضلع عدة من الاضلاع الكبيرة

ليحدث قطع دائرية الامتلاء بواسطة القوصرة بدون احتياج الى كثير  
من الاخشاب ثم يملأون هذه القطع بقطع من الخشب يضعون عليها اخشابا  
قائمة متلاصقة تظهر من احد اطراف الشكل السابع فيحصل من اعلا هذه  
الاخشاب السطح الاسطوانى الذى يضع عليه البناءون اجارا لقبة المعروفة  
عندهم باسم اجار العقد

\*(بيان مساحة سطح الاسطوانات)\*

يمكن ان نعتبر سطح الاسطوانات متركب من اضلاع كثيرة يمكننا معرفتها عند  
رسمها بجوار بعضها على قدر الامكان وان نعتبر الاسطوانة كشور منته  
بعده اوجه صغيرة ضيقة جدا

وحينئذ يكون محيط قاعدتها مضلعا يلتبس علينا بالمضلع المستعمل  
قاعدة للمنشور

فاذا كانت الاسطوانة قائمة فان سطحها (من غير اعتبار قاعدتها) يكون  
مساويا لمحيط احدى هاتين القاعدتين مضروبا في ارتفاعها

ويكون السطح الكلى للأسطوانة القائمة المستديرة وكذلك سطح القاعدتين  
مساويا لمحيط احدى القاعدتين المذكورتين مضروبا في امتداد الضلع زائدا

طول نصف قطر احدى القاعدتين

ويمكن ان نقطع سطح الطول في منشور  $\overline{AB}$   $\overline{CD}$  الخ  $\overline{AR}$   $\overline{SD}$  الخ  
(شكل ٨) على حسب ضلع  $\overline{AA}$  وندير بالتوالى كل وجه صغير مثل

$\overline{BR}$   $\overline{ST}$  و  $\overline{SD}$  الخ لنضعه في مستوى  $\overline{AA}$   $\overline{BR}$   
فيحصل معنا شكل مستو متألف من متوازيات  $\overline{AA}$  و  $\overline{BR}$

و  $\overline{ST}$  الخ (شكل ٩) ومن اضلاع  $\overline{AB}$  و  $\overline{BT}$

و  $\overline{SD}$  و  $\overline{DE}$  الخ و  $\overline{AR}$  و  $\overline{RT}$  و  $\overline{SD}$  و  $\overline{DE}$   
العمودية على هذه المتوازيات وهذا هو الذى يستدعى ان يكون

أ ب ث د ه الخ و ا ر ث د ه الخ خطين مستقيمين متوازيين وعموديين على اضلاع ١٢ و ب ر وهم جرا ويطلق على المستطيل المتحصل بهذا الوجه (شكل ٩) اسم افراد محيط المنشور فيكون سطح المنشور منفرد الان هذا الافراد يمكن استعماله بدون بسط لاجزاء سطوح

١١ ا ب و ب ر ث الخ او تضيقها لتبقى متجاورة وتصنع سطحاً مستويًا مستمرًا وسنذكر لك في شأن سطوح الافراد دروساً تخصها ومن جملة هذه السطوح الاسطوانة التي يمكن اعتبارها اكناساً براضلاعها لا تنحصر

ولنصنع في الاسطوانة القائمة (شكل ٨) قطعين مائلين متوازيين مثل م ن ح ح' و م د م' ثم نقيس السطح الاسطوانى المنحصر بين القطعين المذكورين فيظهر حينئذ ان اجزاء اضلاع م م' و ن ن' و ح ح' و ح' ح كانت خطوطاً مستقيمة متوازية منحصرة بين مستويين متوازيين تكون متساوية فعلى ذلك اذا اعتبرنا الاسطوانة كمنشور له عدة اوجه صغيرة فان سطوح الاشكال المتوازية بالاضلاع الدالة على كل وجه صغير تكون هكذا

$$\begin{aligned} \text{سطح م م' د ن} &= \text{ا ب} \times \text{م د} \\ \text{سطح ن د ح} &= \text{ب ث} \times \text{ن د} = \text{م م'} \\ \text{سطح ح د ح'} &= \text{ث د} \times \text{ح د} = \text{م م' الخ} \end{aligned}$$

فحينئذ يكون سطح م ن ح ح' و م د م' = ا ب ث د الخ مضروباً في طول احد اجزاء الاضلاع المحصورة بين المستويين المتوازيين واذا اردت مساحة سطح الاسطوانة الناقصة وهى ا ب ث د الخ



و من ح ح الخ (شكل ٨) فانه ينبغى مد السطح الاسطوانى  
بتعيين كل من اضلاع ا م و ب ث و ش الخ على جنب  
طوله ونحذد على المد (شكل ٩) سطح ا ب ث د الخ  
و من ح ح ح الخ

فاذا فرضنا ان الاسطوانة منشورة عذمة اوجه صغيرة متساوية وكان ا ب  
= ب ث = ث د فحصل معنا سطح الاسطوانة الناقصة وهى

ا ب ث د الخ و من ح ح ح الخ = ا ب ( ا م  
+ ب ن + ث ح + د ح الخ ) يعنى ان عرض احد  
الاجه الصغيرة مضروب فى مجموع اضلاع هذه الواجه

\*(بيان مساحة حجم الاسطوانات)\*

اذا اعتبرت الاسطوانة ككتشود مركب من عتة اوجه صغيرة رأيت حجمها  
يساوى سطح قاعدتها مضروب فى ارتفاعها

وحيث ان قاعدة الاسطوانة القائمة المستديرة دائرة فمساحتها مساوية لمساحة  
ضرب محيطها فى ربع قطرها

فاذن يكون حجم هذه الاسطوانة مساويا لمحيط القاعدة مضروب فى نصف قطر  
هذه القاعدة وفى ارتفاع الاسطوانة المذكورة

وحيث ان المنشاور المائلة او القائمة التى قاعدتها واحدة وارتفاعها ايضا  
واحد متساوية فى الحجم فالاسطوانات القائمة او المائلة التى قاعدتها واحدة

وارتفاعها كذلك متساوية الحجم ايضا ويمكن بغاية السهولة تحديد حجم  
الاسطوانة الناقصة القائمة المستديرة وليكن ا ب ث (شكل ١٠) الدائرة

المستعملة قاعدة لهذه الاسطوانة و و محورها فيكون حجم الاسطوانة  
الناقصة التى هى ا ب ث ه فى الخ مساويا لسطح القاعدة مضروب فى محور

و بمعنى انه يكون مساويا لحجم الاسطوانة القائمة التي ارتفاعها  $و$  و  
 وبرهان ذلك ان نقرض اسطوانة  $ا ب ث$  التي قاعدتها العليا  
 موضوعة في مركزها وهو  $و$  ونقول ان حجم  $ا م د ه و$   $ث م ن ف$   
 متساويان ونلاحظ لاجل ذلك من مبدء الامر ان  $و ه ي$  مركز دائرة  $ا م ث$   
 فيقسم قطر  $م و د$  هذه الدائرة الى جزئين متساويين  
 فاذا اردنا حجم  $م د ه و$   $ا ه$  حول  $م د$  كادارة للولب بقدر زاويتين قائمتين فان  
 نصف دائرة  $م د ا$  ينطبق على نصف دائرة  $م د ث$  وتكون جميع اجزاء  
 الاضلاع مثل  $ا ه$  الخ منطقة على اضلاع  $ف ث$  الخ وبالجمله فيستوى  $م د ه$   
 ينطبق على مستوى  $م د ف$  فاذن يكون الجثمان منحصرين بين ثلاثة سطوح  
 تطبق على بعضها وبناء على ذلك يكون حجمها واحدا غير ان الاسطوانة  
 القائمة تزيد على الاسطوانة الناقصة وهي  $ا ب ث ه ف$  بقدر  $م د ا ث$   
 وتنقص عنها بقدر  $م د ث ف$  فاذن يكون الاسطوانتان متساويتين  
 في الحجم وقياس احدهما قياس الاخرى  
 وكذلك يوجد في دائرة  $ا و ب$  (شكل ١١) قطاعات بقدر  
 ما في الاسطوانة من القطاعات التي قاعدتها هي قطاع الدائرة والتي تنتهي من  
 جهة  $ا ب$  بنفس السطح الاسطوانى ومن الجهتين الاخرين بمستويي  
 $ا ا و و ب ب$  والمارين بمحور الاسطوانة الذي هو  $و و$   
 وقد تكون قاعدة قطعة الاسطوانة قطعة دائرة  $ا ب ث$  (شكل ١٢)  
 ويكون محيطها والاجزاء  $ا ب ث$  الاسطوانى ونانيا مستويي  
 $ا ب$  الموازي للمحور والذي صورته على صورة شكل متوازي  
 الاضلاع  
 (اجراء عملية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال)  
 اذا وصلت اشعة الشمس اليها كانت متوازية تقريبا بحيث يتعذر على الآلات

الحكمة ان تبين ما يظهر من الاختلاف الموجود في اقبح شعاعين شمسيين  
نازليين على بعد واحد عظيم من بعضهما واذلك كما بقى عمارة كبيرة متقا بلتين  
ولذا نعتبر اشعة الضوء الخارجة من الشمس كأنها محكمة التوازي

فإذا كان باب اوشبالك اوقبوة على هيئة قوس دائرة **ا ب ث د ه**

(شكل ١٣) مضياً بالاشعة الشمسية التي هي **ا ا ب - و ث**  
**و د ه** فإن هذه الاشعة خطوط مستقيمة موازية لبعضها

تمر بمحيط الدائرة وترسم شكل اسطوانة او منشور قاعدته **ا ب ث د ه**  
وهذه الاسطوانة تفصل الجزء الماضيء بالشمس من داخل الباب والشباك  
او القبوة من الجزء الموضوع في الظل

وتكون الاسطوانات بسبب شكلها ووضعها من اعظم المهمات اذا اقتضى  
الحال تحديد الاجزاء المضيئة والاجزاء الموضوععة في الظل في رسم العمارة  
والتصوير وجميع فنون الرسم وسنئين في الدروس الآتية الطرق المستعملة  
في حل المسائل الاصلية الخاصة بالظلال على وجه هندسي

(اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية)

اعظم استعمال خواص الاسطوانة النافعة هو استعمال سطح هذه  
الاسطوانة لكونه يبين رسم الخطوط المنحنية او مساقطها على مستويات

فاذا فرضنا في الفراغ خطاً منحنياً مثل **ا ب ث د ه** الخ (شكل ١٤)

واردنا رسمه على مستوى المسقط وهو **م ن ح ح** فاننا تمد من كل نقطة  
من هذا المنحنى خطاً عمودياً الى هذا المستوى ويتساوون من تتابع نقط

**ا و - و ث و د و ه** الخ التي تكون من انحاء الخطوط العمودية  
على المستوى المذكور خط منحنى يدل على الرسم الهندسي اوعلى مسقط منحنى

**ا ب ث د** كما قيل

وفي العادة يرسم كل منحنى على مستوي **م ن ح ح و ح ح د ح**

العمودين على بعضهما بشرط ان تكون خطوط المسقط التي هي

١١ و ب ر و ث ش الخ العمودية على المستوى الاول موازية

للمستوى الثاني وخطوط أ أ و ب ر و ث ش العمودية على

المستوى الثاني موازية للمستوى الاول فاذاً يكون مسقطا ا ر د ه

و ا ر د ه كافيين في التحديد التام لنقطة ا ب ث د ه الخ الحادث

منهما كما ستري ذلك عند تقاطع السطوح

وقد عرفنا انه بواسطة المستوى يمكن تركيب الاسطوانات وصناعتها

وبالعكس بمعنى انه يمكن بواسطة الاسطوانات تركيب المستويات وصناعتها

(بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة)

اعلم انه بواسطة الاسطوانة التي نديرها في طريق حدث فيها الرمال عن قريب

او على خضرة او ارض محروثة حرثاً جيداً تمهد الاجراء البارزة حتى

تساوى الاجزاء المنغمسة اى الداخلة ونعهد الارض حتى يحدث عنها

سطح مستوي

(بيان استعمال الاسطوانة في ترقيق الفطير)

يستعمل الخبز اسطوانة من الخشب تسمى بالنشابة وذلك بان يدحرجها

ويضغطها ويدفعها بيديه كي يرقق بها العجين حتى يصير منتهاها من اعلاه

واسفله بسطح مستوية

(بيان الاسطوانات المركبة اعنى آلات الخلق)

يستعمل في احداث سطوح مستوية اسطوانتان مركبتان يكون محوراهما

متوازيين وهذا تم نفعاً من استعمال اسطوانة واحدة وليكن

ا ب و ا ر (شكل ١٥) هما محور الاسطوانتين المركبتين بشرط

ان يمكن قربهما او بعدهما عن بعض على حسب المطلوب فاذا كان المحوران

موازيين لبعضهما مع الاتقان وكانت الاسطوانتان مصنوعتين مع الضبط

المطلوب فانهم ما يكونان دائماً على بعد واحد من بعضهما واذا مررنا بعد تمام

نزلها بين الاسطواناتين بلوح معدني او شئ آخر من المعادن فابعد عنهما  
فان هذا اللوح يؤول الى السمك المعين بالبعد الاقصر الموجود بين الاسطواناتين  
المذكورتين

فاذا قربنا الاسطواتين من بعضهما يسيرا بعد حرور اللوح بينهما اول مرة  
لتقربه ثانيا بينهما فالتساوية تمهيدا مساريا ومناسبا لهذا القرب واذا تماهيتا  
على هذه الطريقة وتبعناهما فالتساوية نرقق اللوح شيئا فشيئا ترققا مناسبا  
للسمك المطلوب وهذه هي فائدة آلات الخلع.

(بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق)

قد احدثت الصناعة في هذا المعنى جملة عمليات من خواص الاسطوانات  
وهي ان كل اسطوانتين مغطاتين بالجوخ يضعطان مادة الورق ويجعلانهما  
فرخا مستطिला على قدر المطلوب ولهذا كان يسمى بالورق الجائر

(بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع)

فضع حروف الطبع اللازمة لطبع اى فرخ كان على اسطوانات ذات قطر كبير  
وتكون هذه الاسطوانات متحدة مع اسطوانات اخرى مغطاة بالجلد  
ومدهونة بالخبر الذي تلقى منه كمية معلومة على حروف الطبع ثم تمر فرخ من  
الورق المصقول بين هاتين الاسطواتين اللتين عليهما الحروف فينتطب فيه  
صورة تلك الحروف وهذه الطريقة التي يحصل بها الطبع مع غاية السرعة عامة  
النفع لاسيما في نشر الجرائد التي يلزم جمعها ونشرها وراقها في مدة قليلة من  
الزمن ولو بلغ ما بلغ مقدار النسخ المطلوبة من هذه الجرائد

وتستعمل هذه الاسطوانات ايضا في رسم جملة من الاشكال على الاقشة  
وكيفية ذلك ان تنقش على اسطوانات متخذة من النحاس الالوان المطلوب  
طبعا

(بيان طبع الليتغرافية اى الطبع على الحجر)

لا تستعمل في الملازم الليتغرافية الا اسطوانة واحدة وذلك بان يكون الفرخ  
المطلوب طبعا موضوعا على الحجر بعد تمام الرسم وتنقشه بالحجر ثم تمر عليه

اسطوانة اخرى فتؤثر فيه تأثيرا متساويا في كل جزء من اجزائه فينشأ عن ذلك تسوية الطبع وظرافته

(بيان الطبع بالنقش)

اذا اريد النقش بالواح من النحاس فالتساوي بكل من اللوح المستوي وفرخ الورق الذي تنطبع فيه النقوش بين اسطوانتين يضغطان احدهما فوق الاخر

\*(بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة)\*

\*(في صناعة الحديد وجعله قضباناً)\*

بعد أن نسحق كتلة من الحديد النقيم نحسنها جيداً على حسب الطريقة القديمة المستعملة الى الآن في سائر بلاد أوروبا لصناعة الحديد نضعها على سندال ثم ندق عليها بمطرقة ثقيلة تنقي خبث الحديد الذي في هذه الكتلة فيجذب بواسطة هذه المطرقة مناشير او قضبان من الحديد تكون صورتها تامة او ناقصة على حسب تأثير المطرقة فيها وقد استعمل الانكابر منذ سنوات الاسطوانات المزدوجة لتكون مع الانتظام التام عوضاً عن شغل المطرقة الخشبي وذلك بان نعرض زوجين من الاسطوانات المضلعة بحيث يتولد عنهما انفرجات تكون اشكالها على هيئة الاشكال المعينة الصغيرة بالتدريج كما في (شكل ١٦) او على صورة الاشكال المستطيلة القليلة العرض مع التدرج ايضا كما في (شكل ١٧) وبعد ان نضلع الكتلة المذكورة بالمطرقة على قدر الامكان نمر بها بين الاسطوانتين وعلى انفرجات ١ و ٢ و ٣ التي تنقص غلظ تلك الكتلة وتجعلها قضباناً مربعة او مستطحة ولهذه الطريقة منفعة عظيمة في كونها تبسط مع الانتظام التام الحديد وتعدّه وقد شرعوا في استعمال هذه الطريقة في بلاد فرنسا لكن لسوء الحظ لم تستعمل الا في قليل من الورش الصغيرة جداً

\*(بيان استعمال الاسطوانات في ندف القطن)\*

قد استعملت الاسطوانات مع النجاح في ندف القطن والصوف وكذلك في تحمليل

## التيل والكتان

وقد تكون الاسطوانتان الموضوعتان بالتوازي (شكل ١٧) مشطيتين  
 باضراس مسننة مغروسة مع الانتظام على سطحيهما بحيث تدخل اسنان  
 احدهما بالسهولة بين اسنان الاخرى وعند ما يدخل القطن او الصوف  
 او الكتان او التيل بين الاسطوانتين المذكورتين اللتين يتحركان بحركة مضادة  
 او متحدة الا انهما يختلفان في السرعة تمتد خيوط هذه الاشياء بالتوازي  
 ويتألف منها عند بروزها من الاسطوانتين طارة مستوية تسمى آلة الندف  
 \* (بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن) \*

(والتيل ونحو ذلك)

كيفية ذلك ان نؤلف اسطوانة قائمة مستديرة مثل **أ ب** مع اسطوانة مخططة  
 مثل **ث د** (شكل ١٥) فتكون الخيوط مشدودة بين اسطوانتين اوليين  
 وتكون ايضا مشدودة مع السرعة بين اسطوانتين اخرين موازيين للاوليين  
 فينشأ عن ذلك امتداد جزء الخيط الموضوع بين زوجين من الاسطوانات  
 بالنسبة لاختلاف سرعة زوجين آخرين منها فاذا امتدت الخيوط بهذه  
 الكيفية صارت رفيعة جدا وهذا هو احدى القوائد العظيمة الموجودة في آلات  
 الغزل المستعملة الآن

وحيث كانت صناعة الاسطوانات المخططة من جملة العمليات النفيسة  
 في الصناعة فهي مستلزمة للضبط والاحكام ثم ان خطأ التوازي الموجود  
 في التخطيط واحتلال اقطار الاسطوانات وان كانا قليلين جدا الا انهما يحدثان  
 في الخيوط الرفيعة اختلافا ينشأ عنه انعدام ثمرته الخيوط والتساوي  
 الملايم لرقتها

\* (بيان تخطيط الاسطوانات) \*

يستعمل لاجل ذلك آلة صالحة لتقسيم الدائرة الى اجزاء متساوية على حسب  
 الطرق التي تكلمنا عليها في الدرس الثالث

وبعد ان بين الانسان عدد التخطيط ويقف على دائرة التقسيم الناشئ عنها  
هذا العدد يبتدى بعمل تخطيط اولي بواسطة آلة قاطعة تتوجه على امتداد  
دليل مواز مع الصحة والضبط لمحور الاسطوانة ثم ترجع القهقري وبعد عمل  
التخطيط الاول تقدم دليل تقاسيم الدائرة من نقطة معلومة فتظهر الاسطوانة  
في وضع مناسب لعمل التخطيط الثاني الذي يعمل ايضا بواسطة هذه الآلة  
القاطعة ولم جرا

وفي الغالب تركيب الاسطوانات بطريفة اخرى وذلك بان ندخل اسطوانة مجسمة  
في اسطوانة مجوفة كما في حركة المكابس في الطلمبان (شكل ٢٠) وحركة السدادة  
في الزجاجة وحركة جرعى الابارة (شكل ٢١) او علبة النشوق المستديرة  
(شكل ٢٢) وغير ذلك

ويستعمل في ذلك ايضا الاسطوانات المجوفة المتعشقة ببعضها مع الضبط  
كما في النظارات التي تنظر بها الالعب ونظارات البحارة التي تنبسط على حسب  
المطلوب كما في **آ ب** (شكل ٢٣) وتنقبض كما في **أ** فاذا بتضح لنا  
ان سهولة حركة تعشق آلات هذا النوع وضبطها تتعلق باستكمال صناعة كل  
اسطوانة مجوفة داخلية كانت او خارجية

ثم ان الانكليز يجمعون بواسطة تعشق الاسطوانات الخطوط الطويلة من  
الانابيب المستعملة لتسليك مياه مدنهم وقد يتد الحديد امتدادا محسوسا  
بالكلية عند شدة الحرارة فيقبض انقباضا مضاهيا لامتداده عند ضعف هذه  
الحرارة فاذا كانت الانابيب موضوعة بالتحرير على طول عظيم بدون ان تتحرك  
اطرافها بلا مانع فانها تنكسر فتعين لاجل اجتناب هذا الضرر احد  
طرفي كل انبوبة باسطوانة مثل اسطوانة **أ ب د** التي هي اعرض من  
جسم انبوبة **ث ف** (شكل ٢٤) وندخل في هذا الجزء العريض  
طرف الانبوبة الصغير الذي هو **م** وهذا الادخال كناية عن كون  
الانبوبتين يمكن ادخال احدهما في الاخرى وان كان هناك التماس يجمع



بينهما وبصيران مائلين بهذه الكيفية سواء كان ذلك بواسطة الإيساط  
أو الانقباض المتولدين من تغير الحرارة

\*(الدرس التاسع)\*

\*(في بيان السطوح المخروطة)\*

السطح المخروط مثل ض ا ب ث د ه (شكل ١) يرسم  
بواسطة خط مستقيم مارداً بآب نقطة ض ومتكئاً على ا ب ث د ه  
فتكون مستقيبات ض ا و ض ب و ض ث الخ هي اضلاع  
المخروط وتكون نقطة ض رأسه

ففي الصورة التي يكون فيها رأس ض ومنعني ا ب ث د ه على  
مستوى واحد يكون سطح المخروط هو سطح المستوى المذكور وإذا اذاد افرس  
في الميدان فان النير الذي هو خط مستقيم ممتد من عود الميدان الى النقطة  
التي يربط فيها القوس المذكور يرسم مخروط ض ا ب ث د ه الخ  
(شكل ٣) وهذا اذا كان الرأس خارج منعني ا ب ث د ه الخ  
المقطوع بنقطة ربط القوس فاذا كان النير اقرباً كان هذا المخروط مستوي  
لان رأس ض موضوع في مستوى دائرة ا ب ث د ه التي يقطعها  
القوس فاذا ن تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ  
انصاف اقطار لهذه الدائرة

ثم ان المهندس يعتبر المخروط (شكل ١) كسطح منح ممتد من كلا  
طرفيه الى ما لانهاية له وكذلك الخطوط المستقيمة التي هي اضلاعه والمخروطان  
الحادان من جزئى كل ضلع الموضوعان امام الرأس وخلفه يعتبران ايضاً  
كسطح واحد منح ويقال لهذا الرأس مركز المخروط لكون المخروطين  
المذكورين يكتنفانه من الجهتين السابقتين

وقد اسببان لنا من الصناعة بعض امثلة من هذه الحمايط الكاملة اى

المزدوجة فن ذلك المنكاب (شكل ٢) المستعمل في السفن لمعرفة الزمن فانه مترصّب من مخروطين منتظمين على الوجه المبين في الشكل المذكور وبعد مضيّ بمدة محجولة واحدة للزمن ينزل الرمل بتمامه من المخروط الاعلا الى المخروط الاسفل ثم يحدّد من وحدات الزمن بقدر مرات ادارة المنكاب

وفي القنون يكون للخاريط امتداد محدّد دائماً ولا يعتبر منها على الاطلاق

الاجزاء واحد بقطبة ض ا ب ث د (شكل ١)

فاذا كان المخروط منتهاً بمسطح مستو مثل ا ب ث د ه (شكل ١) فانه يطلق على هذا المسطح اسم قاعدة المخروط وتقرض في هذا الدرس ن كل مخروط يكون منتهاً بقاعدة مستوية

فالمخروط القائم المستدير او المخروط المنتظم الذي هو اسهل الخاريط هو الذي تكون قاعدته وهي ا ب ث د ه ف (شكل ٣) دائرة ويكون رأسه وهو ص موضوعاً على محور الدائرة المرموز اليه بمحط

ض و المستقيم وهذا الخط ايضاً هو محور المخروط وتكون قاعدة المخروط المستدير المائل (شكل ٥) دائرة الا ان اضلاعه لا تكون مساوية لبعضها ولا يكون خط ض و المستقيم الممتد من الرأس الى مركز القاعدة عموداً على مستوى هذه القاعدة

وحيث كانت اضلاع ض ا و ض ب و ض ت مائلة ومتساوية البعد من خط ض و العمودي على مستوى الدائرة في المخروط المنتظم (شكل ٣) فانها تكون متساوية فاذن تكون جميع اضلاع هذا المخروط متساوية ايضاً ويتألف منها مع المحور زاوية واحدة

ولنفرض ان هناك مخروطا سادنا من عمليات القنون نريسم عليه عدة اضلاع دقيقة بحيث لا ينظر منها سوى منظر سطح كامل الامتداد مشحون بخطوط صغيرة لابعاد بحيث يعسر علينا مشاهدتها وهذا السطح المركب من عدة مثلثات مستوية صغيرة موجودة بين عدة اضلاع مختلفة ليس مغايرا للمخروط الهندسى فاذا اخذنا واحدا من هذين السطحين عوضا عن الآخر وكان فيه خطأ فان ذلك الخطأ يكون قليلا جدا بحيث لا يمكن رؤيته ويصير كلا شئ بالنظر الى الصناعة

وبناء على ذلك يعتبر المخروط دائما كالهرم ذى الواجهة الكثيرة المثلثية التى يكون عرضها صغيرا جدا وارتفاعها مختلط بطول الاضلاع فاذن تكون مساحات السطح والحجم المختصة بالاهرام (درس ٧) مستعملة فى المخروط بلا مانع

فاذا كان المخروط القائم المستدير هراما منتظما فانه يحصل اولا ان مجموع سطح الواجهة اى السطح المنحنى من المخروط القائم المستدير يساوى حاصل ضرب محيط قاعدته فى نصف ضلعه وثانيا ان مجموع السطح المنحنى المستدير وسطح قاعدة المخروط القائم يكون مساويا لمحيط القاعدة مضروبا فى نصف ضلعه زائدا ربع قطر القاعدة ويكون حجم اى مخروط كان مساويا لحاصل ضرب ثلث ارتفاعه فى سطح قاعدته

فاذا قطعنا المخروط بمستو مواز لقاعدته فولد من ذلك مخروط ناقص تكون مساحته سطحه وحجمه ايضا كساحه الهرم الناقص وحجمه وسطح المخروط الناقص المنتظم يساوى نصف مجموع محيط قاعدتيه مضروبا فى طول الضلع المنحصر بين هاتين القاعدتين

وبرهان ذلك اننا اذا قطعنا هراما بمستو مواز للقاعدة (شكل ٧) فان الهرم الصغير المنفصل بهذا القطع يكون مشابها للهرم الاكبر فاذا كانت هذه الانصافية صحيحة ولو بلغت اوجه الهرم الاكبر فى العدد ما بلغت كانت صحيحة ايضا فى المخروط وكذلك فى سائر ما يتولد عنه من النتائج فاذن ينتج لنا اولا

انما اذا قطعنا مخروطا بمستوى مواز للقاعدة فالتا فصل مخروطا صغيرا متساويا  
للكبير وثانيا انه اذا كان هناك مخروطان متساويان فان سطح الجزء  
المخفى منهما يكون مناسب المربع الخطوط المتقابلة في هذين المخروطين وذلك  
كمربع الاضلاع مثلا وثالثا ان سطح القاعدتين يكون مناسب المربع  
الخطوط المتقابلة ايضا ورابعا ان مجسم المخاريط المتشابهة تكون مناسبة  
لمكعبات الخطوط المتقابلة (شكل ٧)

ولنصنع مخروطا ناقصا مثل  $ا ب ث$  الخ و  $ا ر ث$  الخ (شكل ٧)  
بان فصل مخروطا صغيرا من مخروط كبير بمستوى قاطع فيتحصل معنا ضرورة  
حجم المخروط الناقص بواسطة تقدير حجم المخروط الصغير وفرضه ثم نطرحه من  
حجم المخروط الكبير وحيث كان كل من هذين الجسمين مساويا لحاصل ضرب  
القاعدة في ثلث الارتفاع فلا يكون في اجراء العملية صعوبة  
واذا لم يكن المخروط قائما ولا مستديرا او كان غير قائم فقط نعدله اخذ مساحة  
سطحه بواسطة القواعد التي ذكرناها آنفا

ويبقى لاجل اخذ مساحة سطح المخروط ان نحوله الى عدة مثلثات كما في  
في الضبط المطلوب ثم نجعل هذه المثلثات مجوار بعضها على مستوا واحد فذلك

جعلنا مثلثات  $ض ا ب$  و  $ض ب ث$  و  $ض ث د$  من  
(شكلي ٣ و ٥) في  $ض ا ب$  و  $ض ب ث$

و  $ض ث د$  من (شكلي ٤ و ٦) فمن الجلي اذن ان السطح

المخفى من المخروط يساوي سطح  $ض ا ب ث$  الخ المستوي وتكون  
مساحة هذا السطح الاخير على حسب القواعد التي ذكرناها في الدرس  
السادس

وبعد ان ينال الاقضية اللازمة لسطح المخروط وجمعه نبعث عما يستعمل  
من هذه المخاريط في الفنون فنقول

قد يستر المعمار والنجار العمارات المستديرة بمخاريط قائمة مستديرة (شكل ٨) يكون محورها هو محور العمارة المذكورة ويصنع الطوبجينة مدافعهم على صورة عدة مخاريط ناقصة تكون قاعدتها الكبرى جهة البورصة وهي اسفل المدفع وكذلك صانع البرانيط يجعل قوالب البرانيط المعدة لرجال الافرنج ونسائهم على شكل مخروط تام او ناقص ويجعل اطرافها مستوية او مخرجة ولذا كانت البرانيط التي جرت عادة الفرنج باتخاذها للزينة والرافاهية تتنوع بتنوع ابعاد هذا المخروط التام او الناقص وتتنوع الطرف ايضا راجع (شكل ١٠ و ١١ و ١٢)

ويحدد صانع المزمار الجزء الاسفل من انابيب الاسطوانية بمخروط ناقص مثل

**ابض ط** (شكل ١٣) وتكون الانابيب التي نغماتها كنغمات

النفير ومجموعها يقال له حركة النفير وهو **ابض ط** (شكل ١٤) مصنوعة بوجه تام على شكل مخروط ناقص

ويجسم المعمار لاجل المتانة اعمدة ابنيته من مبدء القاعدة الى ثلث ارتفاعها بان يتقص منها دأما طول القطر من مبدء القاعدة المذكورة الى الجزء الذي يكون عليه رأس العمود فاذا اريد صناعة اعمدة مرتفعة جدا بحيث لا يمكن اتخاذها من حجر واحد فانشأت صورها ونقسمها الى عدة اجزاء بواسطة جملة مستويات متوازية ثم تعتبر تلك الاجزاء المختلفة التي قسمنا اليها تلك الاعمدة مخاريط ناقصة (شكل ١٥) ونقطع حينئذ كلا من هذه الاجزاء المسماة بالخارجات ونجعلها مخاريط ناقصة بسيطة

وقد يجعل مهندس السفن صواري سفنه على شكل الاعمدة بان يتقص منها على التدريج طول اطرافها من مبدء القاعدة الى الرأس وفي صناعة المخروط كثير من الطرق المشابهة للطرق المستعملة في صناعة الاسطوانة

فيمكن من مبدء الامر تأليف كثيرا لاضلاع المنتظم الذي هو **ابث د ه**



ثم ان الطريقة التي ذكرناها آنفا ليست الا طريقة تمزيق بيعة فينبغي ان يكون  
طريق اخرى في صناعة المخروط مستمرة لا تنقطع اصلا  
وحاصلها انه يمكن صناعة سطوح مخروطية بواسطة المخرطة وذلك بان نوجه  
الالة القاطعة وهي ح (شكل ١٧) الى دليل م ن القائم الثابت الموازي  
لضلع ا ح فنرسم تلك المخرطة في كل وضع من الالة المذكورة دائرة محورها  
الخط المستقيم الذي يمر بطرفي المخرطة المذكورة ويتكون من مجموع الدوائر  
المرسومة بهذه الكيفية سطح مخروط مثل ض ا ب ث (شكل ١٧)  
وبذلك يحدث معنادامة ض ا ث (شكل ١٨)  
ويمكن صناعة المخروط القائم المستدير بادارة الخط الراسم اى المحدث حول  
محور ض و (شكل ٣) ويحدث عن هذا الخط دائما زاوية واحدة  
مع المحور المذكور (راجع الدرس الحادى عشر)  
وبهذا البيان يمكن احداث اى مخروط بواسطة خط مستقيم متحرك يمر دائما  
بالنقطة المجمولة رأسا

\*(بيان استعمال آلة التصوير)\*

تستعمل هذه الالة لتقل صورة ا ب ث د الخ مع الضبط والاحكام  
بان يدور قضيب قائم حول نقطة ض الثابتة ويسكأ باحد طرفيه على الرسم  
الجانبى وهو ا ب ث د المذكور ويسند الطرف الاخر الذى فيه قلم  
الرصاص المسنن على ورقة مستطيلة يكون مستويا موازيا لمستوى الصورة  
فاذن يكون المنحنى وهو ا ر ش الخ المرسوم بالقلم المذكور مشابها  
للرسم الجانبى وهو ا ب ث د الخ

وبرهان ذلك ان نمذ و ض و (شكل ١٩) عمودا على المستويين  
المتوازيين من الرسم الجانبى وصورته فيكون و و هما النقطتان

وهناك سطوح مرسومة بطبيعتها على صورة سطوح مخروطية | رسم بالة  
التصوير المسماة فيزيونوتراس ورسمها بهذه الصورة ناشئ عن الاشعة



الخارجة من كل نقطة من نقط الضوء فان هذه الاشعة تدخل في العين بواسطة  
الحدقة وتتقاطع في نقطة ض (شكل ٢٢) حتى تصل الى سطح  
ح المسى والياف العين المشبكة بالشبكة وهذه الالياف هي الصورة  
التي تنطبع فيها المحيطات الطبيعية وتبقى فيها اللون الاشياء على ما هي عليه  
وقد ينتقل هذا التأثير الحاصل في الياف العين المذكورة الى الور البصري  
فيصوله الى الدماغ الذي هو محل العقل

فعند ذلك يتم عند الانسان وعند اغلب الحيوانات وضع النظر العجيب  
بواسطة السطوح المخروطية المرسومة في الفراغ وفي داخل العين بواسطة  
اشعة الضوء التي تحدبها الاجسام المضيئة في سائر الجهات بنفسها وبواسطة  
الضوء المنعكس في جميع الجهات

ثم ان جميع الكواكب المضيئة التي تظهر في السماء مدة ليلة معينة وكذلك  
سائر الاجسام التي يتولد منها صورة متسعة في يوم صحو تظهر في رأى العين  
بجميع نسبها واشكالها والوانها وتنوعاتها بواسطة المخاريط التي ذكرنا  
وضعها

### \* (بيان الاوضة المطلوبة) \*

ثم ان ارباب الفنون والصنائع قد ينسجون في صناعتهم على منوال ما ابتدعه  
القدرة الالهية فن ذلك انهم اذا ارادوا رسم اوضة مثلا جعلوها على صورة  
حدقة العين كيلا يدخل فيها الضوء الا بواسطة زجاجة محدبة من الوجهين  
على شكل عدسى يشبه حدقة العين التي هي ض (شكل ٢٢) فيحول  
الضوء الاجسام والوانها واشكالها ورسوماتها الى جوانب هذه الاوضة  
كما يحولها الى الياف العين المشبكة وهي ا-ر-ش فاذا تلقينا هذا  
الضوء على ورقة امكن رسم محيطات هذه الاجسام التي رسمها ذلك الضوء  
وتحصل الوانها وظلالها واضوائها

واذا لم يمكن ان الاشعة الخارجة من نقطة ض المفردة (شكل ٢٠)

التي تقابل سطح **ا ر ش ه ف** المظلم تتجاوز هذا السطح فان الاشعة التي ترسم محيط السطح المذكور تمتد وتفصل في امتدادها جزء الفراغ المضيء بواسطة الجسم المضيء من جزء آخر محجوب عن الضوء بواسطة الجسم المظلم ويقال لهذا الجزء المحجوب عن الضوء ظل الجسم المظلم مثلاً اذا كان سطح اوجسم مظلم موضوع امام كوكب مضيء فان ظل السطح او الجسم المذكور يكون محدد بـ **سطح مخروطي** رأسه ذلك الكوكب المضيء  
 \*(بيان الصورة الخيالية)\*

اذا اردنا ان نرسم على اى مستوكان صوراً مشابهة لرسوم جانبية مفروضة استعملنا في ذلك خاصية الاشعة المضيئة وذلك بان نضع (شكل ٢٠) الرسم الجانبى الذى نريد النسخ على منواله وهو **ا ر ش ه ف** الخ في مستو مواز للمستوى الذى يراد رسم الصورة عليه فاذا كان هناك نور كدور الشعة مثلاً موضوع على بعد مناسب صار ذلك النور رأس المخروط الذى تكون قاعدته الرسم الجانبى المطلوب اخذه فيمتد المخروط الى مستوى الصورة بحيث يرسم هذا المخروط على المستوى المذكور قاعدة جديدة كقاعدة **ا ب ث د** الخ مشابهة للاولى ومحددة بالمحيط المجعول حدّاً للظل الذى تنقله الصورة وهذه القاعدة هي صورة الرسم الجانبى الخيالية وما قدمناه في شكل ١٩ من الحروف الدالة على آلة التصوير اثبتناه ايضا لشكل ٢٠ الدال على الظل المنقول لان البرهنة التى ذكرناها في شكل ١٩ تجري ايضا في شكل ٢٠ مع غاية الضبط والنتيجة في كل واحدة

\*(بيان الخيال الظلى)\*

قد استحسن في تسليمة الفنان وتعليمهم استعمال خاصية السطوح المخروطية لانها تحدث على مستو مفروض رسماً جانبياً صحيحاً من شكل واحد او عدة اشكال حتى ان الضوء المنفرد تستضيء به صور متخذة من المقوى او صور اشخاص حقيقية وينعكس به ظل الالعب التى يصنعها هؤلاء الاشخاص

على ستارة تجب ما وراءها ويدخل الضوء بواسطة في الاجزاء المضيئة لتكون  
مميزة في اعين الناظر عن الاجزاء الموضوعة في الظل تميزا تاما وهذه الاجزاء  
الاخيرة هي قواعد السطوح المخروطية التي رأسها السراج او غيره من  
الاجسام المنيرة خلف الستارة واضلاعها تميز بالرسم الجانبى من الاشخاص  
المطلوب معرفة وضعهم ومصورتهم

فاذا كان جسم أ ب (شكل ٤١) الذى ظله وهو م ن منعكس

على ستارة ر ر يبعد عن النقطة المضيئة ض ويقرب من ا -  
فان الظل المنعكس بواسطة أ ب ليس الا ظل م ن وهو ناقص  
دائما بهذه الطريقة اذا مكث الجسم المضيء على حاله الاولى فانه يكفى  
في تقيص امتداد الظل ان نقرب الجسم المرسوم من الستارة بخلاف  
ما اذا بعد عنها فان الظل المذكو ر ر ينمو ويمتد على التدرج وكذلك  
في صورة العكس بمعنى انه اذا جعلنا الجسم المرسوم قارنا بتنا والجسم المضيء  
هو الذى يبعد او يقرب من الستارة فان الظل المنعكس ايضا يزيد  
وينقص

واذا بقي كل من التغير الموجود في مقدار الظلال وتغير الالاعاب المتولد من  
حركة تلك الظلال على حالة واحدة فانه يترتب عليهما فائدة الالاعاب المذكورة  
وقد تقتضى خواص السطوح المخروطية ان تجعل ما يلايم هذا اللعب النظري  
من الاشياء والنسب رسوما هندسية بحكمة الضبط ولنتكلم الآن على  
عمليات اهم من عمليات الخيال الظلى فنقول

\* (بيان قاعدة علم المنظر) \*

اذا وجه من نقطة ض الثابتة (شكل ٤٢) سائر الاشعة النظرية  
الممكنة على خط أ ب ض د المنحنى تكون من هذه الاشعة مخروط  
ض ا ب ث د واذا منعا قطباع ا ب ث د في هذا المخروط

بواسطة م ن فان هذا الشكل الذي هو ا ب ث د تكون  
صورته على مستوى م ن كصورة ا ب ث د اى كمنظره وتتطبع  
صورته في النظر بمعنى انه يحدث على الياف العين المشبكة صورة  
ا ب ث د لان خطوط ض ا و ض ا و ض ب  
و ض ث و ض ث وهم جرا المستقيمة تختلط بيهضما متنى  
فاذن يكون الغرض من علم المنظر تحصيل صورة الاشياء كما يحدثها على الياف  
العين المشبكة عند رؤيتها من نقطة ض فاذا كانت هذه الاشياء ناشئة  
عن جسم او عن منظره عسر علينا في الغالب تمييزها وربما خطأ ناعند رؤية  
ما شابهها وذلك يكون عند الاعتناء بهذا الفن وهما هو منشأ انشراح الصدر  
وانبساط النفس الذي يحدث للناظر عند مشاهدة المناظر المحسنة  
الصناعة

واذا لم تكن عين الناظر في نقطة ض فان مخروط ض ا ر د تتغير  
صورته ولا يحدث على الياف العين المشبكة صورة مشابهة للصورة التي  
تحدث عن نفس الجسم وهذا هو التأثير الغير المعلوم الذي يحصل للانسان  
كثيرا او قليلا متى جعل نظره في وضع مخالف للنقطة النظرية واتماهت  
النقطة المذكورة بهذا الاسم لانه بواسطة ايشاهد المنظر ليحظى الانسان  
بثمرة تأثيره ويتمتع بها كل التمتع

وقد ينشأ عن منظر الخطوط المنحنية اشكال مخروطية وعن منظر  
الاشكال المضلعة اهرام بواسطة اجتماع الاشعة النظرية من الخطوط  
المستقيمة الممتدة من العين الى محيطات هذه الخطوط المنحنية  
او المضلعات

فاذا اعتبرنا مضلعا منتظما يكون موازيا لمستوى الصورة واعتبرنا ايضا  
ان الشعاع النظرى الممتد من مركز المضلع المذكور يكون عموديا على

المستوى المذكور فان المنظر يكون مشابها للمضلع المذكور وتكون الصورة المرسومة على الياق العين المشتبكة هي نفس المضلع المنتظم لكن اذا رسمنا منظر هذا المضلع وغيرنا وضع نقطة النظر كانت الصورة التي ترسم في الالفاف المشتبكة غير منتظمة ويترأى لنا ان المضلع ممتد من جهة ومنقبض من الجهة العمودية

فاذا لم يكن الشكل المطلوب رسمة موضوعا على مستو مواز لمستوى الصورة فان المنظر يبين من جهة صورته الجسم المرسوم تبانيا عاما ويظهر من هذا التباین تنوعات لانها ية لها ومع ذلك فهناك قواعد مهمة عامة النفع في اختصار عمليات المنظر التي لا بد منها لكثير من الصناعات والمعمارية ومهندسى البلدان والمزخرفين وتقاضى الجسمات وغير ذلك

فاذا كان مستقيما  $\overline{AB}$  و  $\overline{CD}$  (شكل ٢٣) موازيين من مبدء الامر لمستوى الصورة وهو  $\overline{MN}$  فلنا ان نقول ان منظرهما الموجودين على هذه الصورة وهما  $\overline{AB}$  و  $\overline{CD}$  يكونان مستقيمين متوازيين

وبرهان ذلك اننا اذا مددنا الاشعة النظرية التي هي  $\overline{Aa}$

و  $\overline{Bb}$  و  $\overline{Cc}$  و  $\overline{Dd}$  فان خطوط  $\overline{AB}$  و  $\overline{CD}$  تكون متوازية ويكون خطا  $\overline{AB}$  و  $\overline{CD}$  متوازيين فاذا كان خطا المنظر وهما  $\overline{AB}$  و  $\overline{CD}$  متوازيين ايضا وبناء على ذلك لا يمكن تلاقى هذه الخطوط النظرية

ولنفرض الآن ان خطوط  $\overline{AB}$  و  $\overline{CD}$  و  $\overline{EF}$  المتوازية (شكل ٢٤) تكون غير موازية لمستوى الصورة وهي  $\overline{MN}$

فتمتد من النقطة النظرية وهي  $\overline{N}$  الى صورة  $\overline{MN}$  مستقيم

ض و موازيا لخطوط أ ب و ث د و هـ المستقيمة المطلوب وضع  
منظرهما ثم نمد شعاع ض أ و ض ب النظريين اللذين يقطعان  
الصورة في أ و ب فاذن يكون هذان الشعاعان في مستوي ما بنقطة ض  
ونخط أ ب وكذلك بنخط ض و الموازي لخط أ ب فاذن يكون  
كل من نقط أ و ب و و الثلاثة الموضوعة على المستوى واللوح  
خطوطا مستقيمة فاذن يكون خط أ ر الممتد مارا بنقطة و ويبرهن  
بمثل ذلك على خطوط ش و و ث ف الخ فاذن ثبت المطلوب وحيث  
نخطوط أ ر و ش و هـ ف الخ التي هي مناظر لتوازيات أ ب  
و ث د و هـ ف دائما فمما إذا امتدت على حسب الاقتضاء بنقطة  
و عند ما تكون خطوط أ ث و ث د و هـ ف غير موازية  
لمستوى اللوح ويقال لهذه النقطة الشهيرة نقطة مجمع منظر خطوط أ ب  
و ث د و هـ ف الخ المتوازية فاذا رسمنا مناظر صور يكون عليها  
كثير من الخطوط المتوازية فن المقيد ان نعين نقطة المجمع من خطوط  
كل اتجاه فيحصل من ذلك نقطة منظر كل من هذه الخطوط فيكن في اذن معرفة  
نقطة ثانية لاجل تحديد رسمها

\*(بيان احراء علم المنظر في فن العمارة)\*

يمكن ان نستخرج فائدة عظيمة من نقط المجمع المستعملة في عمليات علم المنظر  
وذلك عند مشاهدة رسم العمارة بطريقة المنظر فتكون اغلب الخطوط  
المستقيمة التي يرسمها المعماري موازية اما له مستوى المنتصب الذي يكون  
تابعيا لاتجاه اوجه العمارة المراد رسمها واما للمستويات المنتصبة العمودية  
على هذه الواجهة وبالجمله فيكون بعض هذه الخطوط منتصبا وبعضها  
افقيا

وحيث ان مستوى اللوح الذي يرسم عليه المنظر منتصب (شكل ٢٥)

فإن جميع الخطوط التي تكون منتصبة في العمارة تكون أيضاً منتصبة في المنظر ولما الخطوط الاقضية اعني الخطوط الموازية لمستوى الوجه فان نقطة مجموعها المطلوب تعيينها تكون و وتعين ايضا نقطة مجموع الخطوط الاقضية العمودية على مستوى الوجه وهي و فاذن لا يكون معنا الانقطة واحدة تعين ينحط منتصب وخط افقي وقد يظهر لنا من طريقة المساقط قواعد سهلة جدا في هذا الغرض سنبينها عند ذكر تقاطع السطوح

فاذا كان هناك خطوط متوازية يمكن مشاهدتها في المنظر ينبغي ان نجعل من اول وهلة هل هذه الخطوط الممتدة تمر بنقطة منفردة موضوعة وعلما لانقسامها وهذه النقطة هي نقطة مجموع الخطوط المذكورة على اللوح واذا شاهدنا رسم عمارة على لوح منتصب (شكل ٢٥) كما هي الكيفية الجارية في الرسم وفي النقش حسبما سبق لك آنفا فان النقط الجامعة لجملة من الخطوط الاقضية المتوازية تكون موضوعة على المستوى الافقي المار بنقطة المنظر وذلك ان هذا المستوى المنفرد هو الذي يمكن مده حقيقة من النقطة المذكورة مواز بالخطوط الاقضية وحيث ان تكون النقطة الجامعة للمنظر الخطوط الاقضية الموازية للواجهة من جهة والنقطة الجامعة للمنظر الخطوط الاقضية العمودية على هذه الواجهة من جهة اخرى موضوعتين بارتفاع مساو لارتفاع نقطة المنظر وبناء على هذا الارتفاع تكون خطوط الاتجاهين الاقبيين مشاهدة في المنظر على حسب مستقيم و و الافقي المرفوع بقدر ارتفاع نقطة المنظر ايضا

ويشاهد مع السهولة (شكل ٢٥) ان اعلا شبائك العمارة واسفلها اللذين هما على صورة خط مستقيم يكونان كذلك على صورة خط مستقيم في رسم منظرهما وهذا هي الحقيقة خاصة اجزاء الخط المستقيم المتنوعة سواء كانت منفصلة او غير منفصلة وذلك ان اتصال اجزاء الخط المستقيم المذكور ولو بخط وهمي يكفي في تأليف خط مستمر يكون منظره خطا مستقيما منفردا يشتمل على رسم جميع اجزاء الخط المستقيم المذكور والذي

براد نظره

\* (بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير) \*

يجب على المصور ان يهتم وقت تصوير الشخص على الألواح بان لا يضعها في مستوا واحد ولا في وضع واحد لانه بدون ذلك تظهر تلك الشخص على ارتفاعات متساوية او ناقصة على وجه منتظم بحيث انها اذا كانت واقعة مع التساوي كانت ارجلها موضوعة على خط مستقيم بل وكذلك جميع الركب والايدي والاذرع والرؤس تكون ايضا على خط مستقيم وبالجملة فهذه الخطوط تتلاقى في نقطة واحدة وهذا مما تفر منه النفوس

ولا جل اجتنب هذه الكيفية المخلة بالرسم يجب على المصور ان يهتم في وضع الشخص على ابعاد مختلفة من الناظر بان يتوهم عدة مستويات موازية لمستوى اللوح وفي المستوى الاول اقرب من الناظر تنطبق الاشياء على اللوح بابعاد عظيمة مختصة بها فبعدها في المستوى الثاني اقل منه في الاول وفي الثالث اقل منه في الثاني وهكذا

ويضع المصورون عادة في اول مستوا وفيما يقرب منه الشخص الاصلية التي تستدعي ابعادها تيقظ الناظر وتتباهاه بالكلية

ويترأى للانسان بمقتضى المستوى الذي تكون فيه الصور ان منظرها لا بدله من ابعاد فاذا لم يحددها المصور مع غاية الضبط كان رسمه فاسدا وكانت الشخص موضع خارج الابعاد التي اراد تحديدها واما اذا اجاد وضعها بان وضع رؤسها واضعا محكما ووجه احد اعيانها توجهها منتظما فان الصور التي ينبغي نظرها لا تنتظر

وقد يخطئ المصورون في امور كثيرة ويعتدونها مخالفة للمنظر لاسيما في رسم الاجسام والاذرع والاعصاب التي ليست استقامتها موازية لمستوى اللوح وبذلك تكون في الغالب ناقصة في الطول

وهذا الاختصار هو اصعب شئ في الرسم عند ارباب الصناعة فلا يمكنهم تصويرها في الغالب الا اذا وضعوا الرنيكان في المحل الذي يريدون رسمه ويكون



على حسب وضع الارنيكات وقوفهم في المل الذي يكون فيه وضع المناظر على حسب المل الذي يريدون رسمه

وما ذكرنا من القواعد القليلة يكفي في صور كثيرة ليعرف بها صحة منظر الصور التي نعرفها او عدم صحتها ويحصل في الغالب ان البنائين والمصورين لا يدركون قواعد علم المنظر على حقيقتها فيخطئون في العملية خطأ فاحشا فاذا اتسعت دائرة العلوم الهندسية وانتشرت عند اغلب اهل اوربا ظهر ان الخطأ الكبير الذي لا يتأثر منه الا القليل من ارباب المعارف في وقتنا هذا يتأثر منه عامة الناس ويتأذون منه جميعا ولا يمكن للصناعية اجتنابه بدون تعب شديد فيجبرون على الممارسة وبذل الجهد في تطبيقات العلوم الهندسية على علم المنظر فيحصل حينئذ لا شغالهم صحة التناسب اللازمة للاشغال الشامة في الفنون المستطرفة كما هي لازمة في الفنون التي ليس الغرض منها الا ضبط الاشكال

(بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومحصولات الصناعة)\*

اذا اريد رسم محصولات الصناعة والآلات استعمال في ذلك غالبا علم المنظر ومزية هذا العلم على طريقة المساقط العادية هي اظهار كثير من الاجزاء التي تخفى بعضها بعضا بواسطة طريقة المساقط مثلا قد سدرت العادة في استعمال المساقط بخطوط متوازية ان تأخذ مستوى المسقط المنتصب موازيا للواجهة العمارة او عمودا عليها في الصورة الاولى لا تظهر الاضلاع الصغيرة من العمارة ولا تشاهد في الثانية تخفى الواجهة بنفسها بخلاف علم المنظر ففائدته اظهار وجهي العمارة دفعة واحدة كما تراه في (شكل ٢٥)

وتستعمل قاعدة المساقط في رسم منظر اي صورة كانت مع الدقة والضبط فاذا فرضنا ان هذه الصورة ونقطة النظر موجودان في المساقط الافقية والمنتصبة وكذلك انرا اللوح فحصل معنا منظر اي نقطة كانت من هذه الصورة بواسطة رسم خط مستقيم تمتد من هذه النقطة الى النقطة النظرية

وبواسطة البحث عن تقاطع هذا الخط بمستوى الصورة (راجع الدرس الثالث عشر) وينبغي للمعلم ان يوضح هذه الطريقة ببعض امثلة جبرئية مع ما يلزم لها من الاشكال وذلك كنظر مربع او مكعب واذا اردنا ان نأخذ رسم عمارة او شئ مصنوع او آلة بواسطة علم المنظر فثابتة ذلك العلم هو انه يسهل علينا رسم جميع ما يقع عليه البصر من الصور على حقيقته بدون ان يحتل منه شئ فينبغي حينئذ مزيد الاهتمام بتعيين التلامذة على انواع هذا الرسم المختلفة التي يجدون لها طرقا سهلة في كثير من المؤلفات المعبرة

\*(بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالعب)\*

ينبغي للمزخرف محل الالعب لاجل تحسين الالعب المذكورة واستجلاب الناس اليها في محل اللعب ان يستعمل او لا صورة كبيرة متسعة وهي الستارة التي تكون بداخل الملعب ويرسم عليها اعتظر العمارات والبلاد ثم يضع من الجهتين على حسب خطين بعيدين عن بعضهما قريين من الناظر عدة صور غير متسعة مرتفعة موازية لبعضها والستارة المتقدمة وليست تلك الصور في الحقيقة الاغشية للزينة فيرسم عليها اشجارا او اعمدة متفرقة او اجراء متصلة لكن هذه الطريقة ليست مستكملة للشروط لان الخطوط التي ترسم على الاغشية المذكورة يحدث عنها اجراء خط مستقيم تشاهد من نقطة النظر ويظهر ان تلك الخطوط لا يحدث عنها الا خط واحد الا انها لا تكون على استقامة واحدة اذا شوهدت من نقطة اخرى من محل اللعب غير نقطة النظر ومع وجود هذا اللال يكون لهذا المنظر المزخرف الرسوم رسما جيدا مشابهة كلية بحقائق الاشياء كي يستر المنظر جون الجالسون في الملعب على اختلاف مجالسهم سرورا تاما برؤيتهم ما يروق الخاطر ويوجب الناظر

\*(بيان اجراء عملية المساقط المخروطية في علم الجغرافيا)\*

يستعمل في رسم الاشياء الشهيرة الظاهرة على الكرة الارضية او على الكرة السماوية كيفية المساقط المخروطية المضاهية لعلم المنظر

ثمان الخاريط المترجحة مثنى او ثلاث والاسطوانات المترجحة ايضا بهذه  
المناسبة يقل استعمالها في علم الميكانيكة مع ان استعمالها فيه فائدة عظيمة  
في كثير من الصور

فقد يستعمل فيه مخاريط منتظمة مصقولة (شكل ٢٦) لاجل نقل  
حركة الدوران من محور الى آخر بواسطة المحاكاة في صورة ما اذا كان المحوران  
غير متوازيين

ويستعمل فيه ايضا الخاريط المنتظمة المضرسة (شكل ٢٧) لاجل  
هذا الغرض بعينه

واذا اراد المعمار استعمال اعمدة كثيرة حللها الى مخاريط ناقصة تكون  
مضرسة اذا كانت الاعمدة ايضا مضرسة وفن تضريس الاعمدة يستدعي غاية  
الضبط والاتقان في العمل ومما يستدل به على المهارة النادرة الوجود التي  
اكتسبها الشغالون الذين كانوا يشتغلون في عمارة بلاد اثينا مدة  
القرون التي كانت فيها هذه المدينة على غاية من السودد والفخار والبراعة  
في الفنون والصنائع هو كمال تفصيل تضريس الاعمدة الكبيرة على صورة  
سطوح مخروطية وتتمام التعديل لهذه الخاريط الناقصة ليحدث من ذلك  
تضاريس مستطيلة مع الضبط والاحكام مبدءا رأس العمود وغايتها  
قاعدته

ولست صحة تضريس الطارات المخروطية مقصورة على الزينة والرفاهية  
بل تكون ايضا في تضريس الاعمدة ويترتب على صحة التضريسات وضبطها  
سهولة نقل الحركات وتدبيره وتنظيمه كما سيأتي ذلك عند الكلام على حركة  
التعشق (راجع الجزء الاول من المبدى كانيكة في الجلد الثاني من هذا  
الكتاب)

#### \* (الدرس العاشر) \*

في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة اي مضاعفة الانحناء وغير  
ذلك

كل سطح امكن انتشاره او بسطه او انفراده على اى مستوي دون ان يكون في هذه العملية جزء من اجزاء السطح يجب امتداده واتقياضه او تضعيفه فانه يسمى سطحاً منتشراً

وقد اخترنا فيما تقدم نوعين مهمين من السطوح المنتشرة وهما نوع الاسطوانة والخاريط وعلينا ان يمكن في الحقيقة انتشار هذه السطوح على اى مستوي دون كسر وانطواء وعلينا ايضا عكس ذلك اى انه يمكن انحناء جزء من المستوى بدون انطواء وكسر بحيث يمكن صناعة اسطوانة او مخروط تكون صورته وابعاده معلومين

وبالجملة فقد علم انه يمكن اعتبار الاسطوانة كمنشور مركب من اوجه مستوية كثيرة العدد على صورة شكل متوازي الاضلاع ويمكن اعتبار المخروط كالهرم المركب من اوجه كثيرة العدد ايضا على شكل مثلث ضيق جداً

ويمكن ايضا ان نعتبر السطح المنتشر (شكل ١) كانه مركب من

اوجه صغيرة مستوية مثل ا ا - و ر ب ث و ث ث - الخ منتهية بخطوط مستقيمة مثل ا ا - و ر ب و ث ث - الخ وتسمى هذه الخطوط اضلاعاً

فاذا اردنا انتشار هذا السطح المنحني على صورة سطح مستو فالتساى نبتدى بادارة وجه ا ا - حول ضلع ا - حتى يوضع في مستو واحد مع

وجه ر ب ث الثاني ثم ندير هذين الوجهين حول ضلع ب ث

حتى يكو ناهما في مستوى وجه ث ث - الثالث ثم نستمر على هذه الكيفية الى الوجه الاخير فيتحصل حينئذ معنا انتشار السطح المنحني بتمامه

ثم ان الفرق الذي يكون بين المخروط والسطح المنتشر هو ان جميع الواجهه التي على صورة الزاوية تكون رأسها في نقطة واحدة بخلاف اوجه السطح المنتشر فان

ا و ب و ث التي هي روس اوجه ا ا - و ر ب ث

و ث ش هـ وهم جرا تكون مختلفة الوضع

وكذلك يعتبر المهندسون ان المخروط مـ كـ ب من طيتين (راجع الدرس التاسع) (شكل ١) وكذلك السطوح المنتشرة واحدى هاتين الطينين ترسم على الوجه الذى ذكرناه فى الدرس المتقدم واما الثانية فتترسم بواسطة امتداد الاضلاع الى ا ا و ب ب و ث ث الخ خلف منحنى ا ب ث ث الخ ويقال لهذا المنحنى خط التمهيد والذى يلزم للقنون فى جميع الاحوال هو اعتبار احدى طيتى السطوح المنتشرة

\*(بيان اجراء العملية)\*

اذا اقتضى الحال حفظ اشياء ثمينة فالتاخييطها بشئ اقل قيمة منها وتكون احاطتها عادة بمادة ليننة مستوية كالقماش والورق والمقوى والجلود والحديد والصفائح ونحو ذلك مما يتخذ غلافا كالايكاس وعلب الورق وغلاف الاسلحة وغطاء البضائع وجميع انواع العلب والقراطيس واغشية العطارين والابواب الخانة وهم جرا

وهذه الغلافات مهما كان طيها او عدم طيها هى ضرورة قابلة للانتشار ويجب ان نلاحظ ان المادة التى نستعمل فى ذلك لاسيما اذا كانت من انواع المنسوجات وكانت قابلة للامتداد والانقباض تغاير فى بعض الحالات بالنظر الى اشكالها الدقيقة السطح المنتشر كما اسلفنا الكلام على ذلك بمقتضى رأى المهندسين

\*(بيان اجراء العملية فى صناعة البسط والجوخ)\*

ينبغى ان نتكلم على السطوح التى تحدث عن البسط والجوخ التى هى معدة لزيئة المساكن والهياكل العمومية فاذا اقتصرنا فى هذا الشأن على اشكال السطوح المنتشرة المطابقة للهندسة على وجه الدقة والضبط تحصل معنا طيات مستقيمة ومحيطات موترة مجردة عن الظرافة وعن التنوع فى الاشكال وتكون اقرب شها بمحيطات البسط الارسكية

ويظهر ان امة اليونان هي اول امة عرفت واتقنت بواسطة ذكاتها وفطنتها ما يمكن تحصيله بمطابقة الخاصيتين الموجودتين في الالمنشأة احدهما كونها تنحني على شكل سطوح منتشرة مركبة من اضلاع مستقيمة والثانية كونها تنحني مع الانتظام والتساوي كي تبعد عن هذه الاشكال على التدرج حسبما تقتضيه الطرق التي يستحسنها الذوق السليم وهذه الطرق المستعملة في تزيين الابنية والعمارات تصلح ان تجعل اصولا عمومية

ولنرجع الى ما كنا بصدد في شأن السطوح المنتشرة على وجه الا تقان فنقول سيأتي لك ان تلك السطوح تستعمل بكثرة في الفنون وترى ما يكون في الصناعة من الفائدة في حل مسائلها على وجه هندسي

فاذا اردنا من رسم سطح منتشر (شكل ٢) ما ربحني

ا ب ث د ه ف و ا ر ث د ه ف المنحنيين اللذين ليسا على مستوي واحد فرضنا لاجل هذا الغرض ان منحني ا ب ث د ه ف

مضلع مركب من عدة اضلاع مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه وهلم جرا ثم نأخذ مسطرة محكمة الوضع فنضع مسطعها من احد طرفيها على ا ب ونديرها حول ا ب حتى يتقابل الطرف الثاني

بمنحني ا ر ث د ه ف في نقطتي ا و ر الفريتين منه جدا ونمد خطوط ا ا و ب ر الى المستقيمة وبعد تمام هذا انضع المسطرة على وجه بحيث يكون وجهها العريض المستوي موضوعا دقة واحدة على

ب ث و ب ر ونعين نقطة ث التي يتقابل فيها هذا الوجه المستوي مع الخط المنحني ثم نمد ث ونبين بهذه الطريقة د و ه و ف ثم

الح فيحصل معنا حيد ثذ السطح المنتشر وهو ا ب ث د ه ف و ا ر ث د ه ف الذي يخالف قليلا السطح المار بمنحني

ا ب ث د ه ف و ا ر ث د ه ف (راجع الدرس الثالث عشر)

\*(بيان نشر الاخشاب المنحنية)\*

يلزم غالباً في عمارة المراكب أنشر قطعة من الخشب على شكل سطوح يكون محيطها الأسفل وهو ا - ث - الخ ومحيطها الاعلا وهو ا - ب - ث - الخ مرسومين على وجهين من هذه القطعة فإذا اردنا إجراء عمارة النشربدون اعوجاج الماء وقلبه لاجل تغيير شكل تلك القطعة المستوية والمنشربدون ان يكون الخط المستقيم الحادث عن اسنان المنشار متجهاً بحيث يمتزج بالتعاقب مع اضلاع ا - ب - و - ث - الخ (شكل ٢) فهذه الكيفية بقسم المارة قطعة الخشب ويرسم سطوحاً متشعبة

\*(بيان إجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاحجار)\*

تستعمل السطوح المنتشرة بكثرة في قطع الاحجار وهي عادة لاسطوانات والخاريط فلاجل بناء القبوات ذات الاشكال الصعبة نبين شكل جميع محيطات كل حجر ينبغي جعله في بناء هذه القبوة كما نبين ذلك في الدرس الخاص بتقاطع السطوح ولذا ينبغي هذا الحجر حجر العقد ولاجل ان تكون العدة على غاية من المتانة والصلابة ينبغي التماس هذه الاحجار مع الدقة باجزائها المتخفية التي يحمل بعضها بعضاً ولذا تسمى بسطوح الالتحام فمن المهم اذن ان تكون سطوح الالتحام محددة مع الاحكام والضبط الكلي لتتصير مكافئة في وجهي حجري العقد اللذين ينبغي تطبيق احدهما على الآخر وبصل الانسان الى هذا الغرض مع السهولة اذا جعل اوجه الالتحام منتشرة فيصنع - نذا ان يترك كل وجه منتشر سواء كان متخذاً من المقوى او من الألواح الرفيعة وغيره او يربط الارزاق المذكورة على وجه الالتحام ثم ينظر هل المسطرة تنطبق انطباقاً كاملاً على هذا الوجه بموجب اتجاه الاضلاع ام لا

ولا يمكن للانسان ان يعرف حق المعرفة ان سطوح الالتحام لا يتدان يكون لها في جميع اجزاء العمارة شكل مطابق للشكل المتقدم الا اذا مثله هذا كما يستعملون بنهون يباريس وذلك لان ترى به اقبية متسعة مرتفعة جداً على

فإذا اردنا ان نرسم مع الضبط التام اضلاع حجر العقد المنخنية وهي آب  
و بث و ثد و دا و اـ و رث و شز و دا  
(شكل ٣) امكن لنا ان نحدد لاجل كل وجه من وجوه الالتحام سطحا  
منتشرا ما ارادته واهـ. بخطى آب و اـ و سطحا آخر ما راجى خطى  
بث و رث و سطحا ثالثا ما راجى خطى ثد و شز و سطحا  
رابع ا ما راجى خطى دا و اـ فاذا اجرينا ذلك في ابحار العقد المتجاورة  
تحتقنا ان الوجة المتماسية تنطق على بعضها انطباقا كاملا ومتى علمناش كل  
آب و اـ و بث و رث و واضعهما سهل علينا استعمال  
الطريقة المذكورة (شكل ٢) في تحديد كل سطح منتشر  
واذا اراد الصناعية ستر مسطح كبير بصفايح رقيقة لينة المادة فانهم يثنون  
هذه الصفايح على شكل سطوح منتشرة وكيفية العمل هكذا



وهوانهم رسمون على المسطح المطلوب ستره (شكل ٤) خطوط الخشبية

مثل **ا ب ث د ه** و **ا ر ش د ه** و **ا ر ش د ه** و **ا ر ش د ه** و **ا ر ش د ه** تكون بعيدة عن بعضها بمسافة مساوية لعرض الصفائح التي يستعملونها ثم يشرعون في ثني هذه الصفائح بحيث تترجم على **ا ب ث د ه**

و **ا ر ش د ه** ثم يجمع على **ا ر ش د ه** و **ا ر ش د ه** وهلم جرا ويضعونها عقب بعضها بمعنى انهم يجمعونها ببعضها بالاتحام او يطبقون اطرافها على بعضها بطريقة ثابتة

\*(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القنب والقنوات)\*

قد غطيت القنوات الفاخرة التي في سوق القمح بمدينة باريس بصفائح من النحاس على موجب الطريقة السابقة

\*(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن)\*

قد يغطي مهندسو السفن الجزء الاسفل منها المسمى بالقارين كما تقدم على

حسب الطريقة السابقة بصفائح من النحاس كما في **ا ب ث د ه** (شكل ٧) وتكون اطراف هذه الصفائح مصلة ومفصلة على صورة خط مستقيم مع ان اصلاحها في الغالب انما يكون على صورة خط لا يتقدم مع المحيط المتحدا كليا غير ان الغطاء الذي ليس مساويا لجميع الزوايا ولا مستقيما على سائر الاضلاع يحدث عنه كيفية واحدة كما اذا قطعنا صفائح النحاس وجعلناها على صورة محيط موافق لكمال تعديلها عند فرضنا انها ملتحمة ومتلاصقة ببعضها

وهذه الطريقة المستعملة عند مهندسي السفن مستعملة مع غاية النجاح والفائدة وذلك لان سطح القارين عظيم جدا بالنسبة لامتداد كل صفحة تستعمل في التبطين ولان النحاس المستعمل في هذه العملية يمتد جزؤه المتوسط قليلا حتى يكون متجها في كل نقطة على حسب اتجاهي انحناء القارين ويريد ذلك وضوحا عند بيان انحناء السفوح من حيث هي

ثم ان صانع المقوى الذي يصنع عدة سطوح مختلفة بواسطة اغرخ من الورق او من المقوى ملصوقا احدها على الاخر بواسطة الغرا ويجاورها بعضها لبعض يحدث جملة من السطوح المنتشرة ~~ك~~ كثيرة التنوع في شكلها وتناسب وضعها

واذا اراد صانع العربات ان يصنع عربة وضع قطع الحديد والخشب التي يتكون منها المحيطات التي على شكل الزاوية من العربة واوضاع الابواب والشبابيك ونحو ذلك وينبغي له ان يستد المسافات التي تعينها تلك الاوضاع والمحيطات الاصلية ويصنع ذلك بواسطة اللوح من الخشب الرقيق اللين الذي يثنيه على صورة سطوح منتشرة حتى يحيطات مفروضة فيحتاج تاذن الى معرفة حل المسئلة التي في شكل ٢ و ٣ ثم لن كلامنا من الخصاص وصانع المداخن والسكك الحديدية محتاج لمعرفة حل المسئلة المذكورة فانه في صناعة المداخن وكثير من القدور المستعملة في المعامل مثلا ينبغي في الغالب لاجل تصليح اعلاتك المداخن والقدور بواسطة الانبوبة ان يرسم سطح منتشر يزدفعة واحدة بقاعدة

**أ ب ث د** السفلى (شكل ٥) ايا ما كانت صورتها وبقاعدة **ا ب ث د** العليا ذات الشكل المستدير كالانبوبة فيجب حينئذ ان يعرف حق المعرفة المحيط الذي يلزم جعله لصفحة الحديد او لجله من الصفائح المعدنية المستوية التي يحدث منها عند ثقيها على وجه مناسب سطح منتشر يزدفعة واحدة بقاعدتي **أ ب ث د** و **ا ب ث د** وستكلم على هذه المسئلة

في الدرس الرابع عشر الذي يعلق بالمماسات

وقد استحسن تغطية السطوح بجلب طويلة منتشرة فهي اولى من تغطيتها بصفائح صغيرة منتشرة كما في (شكل ٤)

وانذا ليس العسا كر دروعهم رأيت معظم القطع التي تستر اجسامهم واعضاءهم على شكل سطوح منتشرة وهي في الغالب عدة جلب مخروطية او اسطوانية مصنوعة بالسهولة بواسطة صفائح معدنية ذات المنحني واحد

وليس هنالك من القطع ما ينبغي ان يكون ذا الشخائين كالخودة مثلا لا مقدار  
 قليل حيث يستعمل في ذلك سطوح منتشرة كالبيضة المتخذة من الحديد  
 وقد ينظر من عمارة السفن عملية مستحسنة في شأن السطوح المنتشرة  
 المنتظمة بواسطة الجلب

وحاصلها ان السفينة اذا كانت مضاعة فانها تكون على صورة سلسلة  
**من و ح ح** (شكل ٦) المركبة من قطع خشب مزدوجة وهذه  
 المزدوجات وهي ١ و ٢ و ٣ التي ترتفع في مستويات منتصبة  
 يكون بينها مسافات خالية (سه صه ز) وشكل ٨ يدل على الارتفاع  
 اى انتصاب المزدوج المنتصف اى الذى فى الوسط ولاجل تميم القارين  
 المرسوم بهذه الكيفية ناخذ الواح معتدلة معلومة السمك ويكون محيطها  
 مصححا على وجه مناسب ونضعها بالتطبيق على وجه المزدوجات الخارجى  
 ثم نثنيها مع السهولة ليحدث عنها سطوح منتشرة تسمى بالجوانب لكونها  
 تقطى سطح السفينة وتكتنفه وتنطبق عليه انطباقا تاما بحيث تكون الاضلاع  
 على الاضلاع والاطراف على الاطراف وقد يؤخذ من علم الهندسة طريقة  
 عظيمة دقيقة في اصلاح هذه القطع

وذلك انه اذا وضعنا الجوانب من مبدء القاعدة الى **ا ب ث د**  
 وارادنا ان نضع الجانب الاعلا المنحصر بين خطى **ا ب ث د**  
 و **ا ر ث د** فالتاخذ من نقطتى **سه و صه** الموضوعتين  
 وضعنا مناسبا بين **ا ب ث د** و **ا ر ث د** خيطا ينطبق على المزدوجات  
 فاذا فرضنا ان المحيط المراد عمله يكون محكم العمل والوضع وان  
 الخيط المذكور يكون موضوعا بالكلية على سطح الجانب المنطبق على  
 اضلاع السفينة فالتاخذ من هذا الجانب اى نجعله منتصبا قائما والخيط الذى  
 يبين على سطح القارين الخط الاصغر الكائنين نقطتى **سه و صه** يستمر  
 دائما على ان يبين الخط الاصغر الذى يمكن رسمه بين هاتين النقطتين على السطح

المنتشر اعني على المستوى حيث ان الخط الاصغر الذي يمكن رسمه على  
المستوى هو الخط المستقيم فاذن يكون صه خطا مستقيما  
(شكل ٦ مكرر) مادام على الجانب يحفظ وضعه الذي يجعله اقصر خط  
بين نقطتي صه و صه اي على القارين

فاذا وضعنا ذلك الخط على القارين عيننا على طوله نقط ١ و ٢ و ٣  
الخ وبهذه النقط العمودية على اتجاه الخط نمر بعيدان من الخشب متجهة  
اتجاهها عموديا على اتجاه الخط المتقدم فتصل هذه العبدان من احد طرفيها  
بخط ا ب ث د ه الخ ومن الطرف الاخر بخط ا ر ش ه الخ  
الذين ينبغي ان ينطبق بينهما الجانب الجديد انطباقا محكما

فتقيم حينئذ خط صه ثم نقشه على لوح ع ش كل  
(شكل ٦ مكرر) بحيث يكون عبدان ا ا و ا ا  
و ا ا و ا ا الخ الصغيرة عمودية على الخط المذكور ونرسم عدة  
اشكال مضلعة مثل اشكال ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١ و ٢  
و ٣ و ٤ الخ التي يتكون منها خطان منحنيان مستطيلان فتدل هذه  
الاشكال دلالة صحيحة على الجزء الاسفل والا علا من المحيط الطويل  
من الجانب

ولا يكفي معرفة هذه المحيطات فقط بل يجب ايضا ان نعرف في كل نقطة من  
نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ الزاوية  
التي تحدث عن الجانب المراد وضعه والقارين ليكون وجه الالتحام منطبقا  
انطباقا تاما على التمام الجانب المتصل ويجري ذلك بواسطة اتجاه احد ضلعي  
المسطرة المثلثية المتحركة على حسب اتجاه اى عود كان واتجاه الضلع الاخر  
على حسب وجه التمام الجانب الموضوع قبل ذلك فوجه اى عود على ضلع هذا  
الجانب المتصل بالقارين واذا قطعنا لوح ع ش كل ببلطة  
او قادوم ليبقى علينا الاقل تلك الزوايا الى نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤

الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ على وجه التقابل والتناظر  
ولاجل اجتناب الخلل عند رسم التجارب بواسطة مسطرة المثلثية المتحركة  
الزاوية التي تحدث في نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ عن الجانب الجديد  
والجانب الملتصق الموضوع قبل ذلك يضع ضلع المسطرة المثلثية المتحركة  
وهو ط ضه على طرف لوح ل ن ح (شكل ٦ ثالث) ثم يرسم  
خطا مستقيما على طول الضلع الآخر وهو ضه د ومتى كانت الخطوط  
كاهام موضوعة مع الانتظام الموجود في وضع عيدان ١ و ٢ و ٣  
و ٤ الخ التي تقابل نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ سهل على التجارب  
معرفة الثقب الذي يلزم جعله لكل نقطة من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ  
لاجل رسم الضلع الصغير من الجانب على حسب ما يناسب الواجهة الكبيرة  
من الميل

وما ينبغي التنبيه عليه ان الطريقة المذكورة التي يكون بها السطح القارين  
شكل مخصوص يمكن اجراؤها في عمارة السفن بل وفي كل نوع من العمارات  
المدنية والعسكرية وهذا من اعظم الطرق اللطيفة والفوائد العظيمة الظرفية  
التي تنتج عن تطبيق الهندسة على الفنون ومن اجل الخواص التي تظهرها  
الهندسة في السطوح

\*(بيان الانموذجات والارانيك المنتشرة)\*

اذا اريد ان يصنع في الفنون سطوح منحنية منتهية ببعض خطوط فالتقسيم  
هذه السطوح الى اجزاء يمكن اعتبارها كالسطوح المنتشرة تقريبا وان أخذ  
صورتها بواسطة الانموذجات والارانيك المتخذة من الورق والمقوى التي يحدث  
عنها سطوح حقيقية منتشرة مع وجود انحنائها الطبيعي بدون تمزق وانطواء  
وهذه هي الارانيك التي يستعملها الخياطون ونحوهم في تفصيل ملابس  
الرجال والنساء

\*(بيان اجراء العملية في تفصيل اقشة اللباسات)\*

الغرض من تطبيق الهندسة تطبيقا مفيدا هو انتظام تفصيل عدة اجزاء

متنوعة من الملابس بحيث لا يضيع به الاقطع صغيرة من القماش المطلوب تفصيله ومع عدم استعمال المسطرة والبيكار في هذه العملية ينبغي ان يعتقد ان مهارة الخياط ونحوه تقوم مقام ذلك في هذه العملية الهندسية الدقيقة التي تستدعي في آن واحد امعان النظر ومزيد التأمل وكثرة التجربة في معرفة تفاوت الاجسام البشرية وما يناسبها من اشكال السطوح المنتشرة الصالحة لصناعة الملابس

واذا قطع النظر عن التوفير في الملابس واريد جعلها مناسبة لما تقتضيه العادة او قصد بها المباهاة والتفاخر فان لذلك اصولا تتعلق بقواعد هندسية واصول ميكانيكية في صور كثيرة

وينبغي ان تستحضر في شأن الملابس ما اسلفناه من المحفوظات المتعلقة بالجوخ والبسط بالنظر الى سطوحها المنتشرة القابلة للامتداد والانكماش في عدة اجزاء وهذا هو منشأ لينها ومرورها لما كان لهذه الاقشة خاصية ملائمة للاجسام البشرية الحقيقية او المفروضة كانت صالحة لاستعمالها ونعود الناس عليها وهي الاقشة المستحسنة عن غيرها في اللبس كما يقوله صانعيه هذا الفن

فاذا كانت الاقشة المذكورة جامعة بين المرونة واللين والشفة امكن نشرها وطياتها عديدة بوجوه متنوعة وتكون قابلة لجميع ما يستحسنه الذوق السليم من ذلك فان الاقشة اللينة الرفيعة اذا لبست وحصل لها ادى مس وضغط تتأثر بذلك وتكون طوع يد الماس والضابط ويصير منظرها في رأى العين مضطربا لا يستقر على حالة واحدة وربما تذكره الانسان لطائف الحياة وعدم ثباتها وقرارها بخلاف ما اذا لم تجمع الاقشة بين الصفات السابقة فانها تبقى على شدتها وصلابتها وما ذكرناه من تأثير الاقشة اللينة واضطراب منظرها كان يوجد في الاقشة التي كان يستعملها قدام الصناعاتية انموذجا في صناعة الجوخ الظريف الذي كانوا يسترون به بعض اصنامهم ويوجد ايضا في انواع الشاش والكشمير الموجود الان

ولا جل ان يكون ملبوس الانسان تاما على ما ينبغي يلزم ان تكون سطوحه على وجهه بحيث يتأق لانسان معها حركة جسمه واعضائه كيف شاء مع السهولة وهذا يستدعى ان يكون في الثياب نوع اتساع وخفة وان يكون تفصيلها ملائما للاعضاء غير انه لما جرت العادة بان الوقار والعظمة والمقام مما يتوقف على التأق وبطئ الحركة لزم ان تكون ملابس اصحاب هذه الصفات ملائمة لحركتهم حتى تظهر منافعهم وتعرف وظائفهم فعلى هذا يلزم ان تكون برانس البابات وثياب ارباب المشورة وعباءات الملوك مفصلة تفصيلا متسعا من القشنة قليلة الالين ليحدث عنها سطوح منتشرة تطوى طيات عريضة لا تتأثر بالهواء

واما برانس العساكر والثياب الخفيفة التي يلبسها الراقصون في الالاعاب وكذا ما يلبس في محال الرقص فانما تكون بخلاف ذلك بحيث يكون تفصيلها ضيقا على قدر الامكان ثم ان الملابس التي تستعمل لجرد الزينة ينبغي ان تتخذ من القشنة اللينة الخفيفة التي تضطرب كالامواج لتكون بها الاجسام وحركاتها المختلفة على غاية من اللطافة والظرافة وتظهر بها الهيئة على حقيقتها

وعلى ذلك ينبغي ان يكون كل من انتخاب القشنة وتفصيل الملابس جارا على حسب ما يتعلق بعملية الفنون المستظرفة من الاعتبارات والملاحظات التي لها دخل في تنظيم الجمعية وتحسينها بخلاف ما اذا نظرنا لراحة الانسان في اللبس وسعة الملبوس وصحة اللبس فان كلا من الانتخاب والتفصيل المذكورين يكون على حسب ما يتعلق بالجمعية من المصالح الحقيقية واما اذا نظرنا الى الصناعة فان الميكانيكة والهندسة هما اللذان يعرف بهما مقادير الصور واصنافها وكذلك وسائل الصناعة والتفصيل والترتيب الذي هو اتم ملائمة من غيره لان يستخرج بواسطة التحناء السطوح المستوية اصالة واجتماعها الاشكال المتنوعة النظرية التي تكون في الملابس والجوخ عند امة تقدمت عندها الفنون المستظرفة تقدما كبيرا

وانرجع الى ما كذا يصده في شأن السطوح المنتشرة ونذكر عمليات جديدة

مهمة العمليات المتقدمة بعد ان تكلم على قواعد تقاطع لسطوح  
والمماسات وينبغي ان نتكلم الآن على السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء  
فتقول

\*(بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء)\*

السطوح المعوجة هى الحادثة من خطوط مستقيمة متتالية لا ينشأ عنها  
اوجه صغيرة مستوية

ولاجل تصور الواجهة الصغيرة المعوجة تخيل سلما في شكل ٩ و ١٠  
يكون ضلعاه غير موضوعين على مستوى واحد ثم نضع هذا السلم على الارض  
بحيث يكون اضعا عليه استقامة افقية وان لم يكونا في مستوى واحد منتصب  
وبواسطة شكل ٩ يظهر مسقطه المنتصب وبشكل ١٠ يتبين

مسقطه الافقى وذلك ان ضلعي اب و ثد (شكل ٩) يتقاطعان  
في نقطة واحدة مثل هـ و ز فاذا حددنا خطا منتصبا من النقطة

المذكورة فانه يميز كما في (شكل ١٠) بنقطة هـ على ثد  
وبنقطة ز على اب ولنبدأ الآن من قطبي هـ و ز بقسمه

مسندى اب و ثد المذكورين الى اجزاء متساوية بنقط ا  
و ب و ٣ و ٤ الخ و أ و ٢ و ٣ و ٤ الخ ثم نمد خطوط  
ا و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ الخ فيحدث معنا سلم  
معوج

ثم ان اجنحة طواحين الهواء من قبيل السلام المركبة من اضلاع مستطيلة  
متباعدة عن بعضها ومن اخشاب عمودية على احدها هذه الاضلاع

وكذلك سلم الصواري (المسمى بالبوافنكو) فهو من قبيل السلام المعوجة  
غير انه ينقص عنها ضلعا واحدا

ويمكن ان يعتبر ان هذه السطوح المعوجة مركبة من اوجه معوجة ضيقة  
جدا متشابهة للسلم الذى اسلفنا الكلام عليه ويطلق على الاضلاع التى تبين



هذه الواجهة الصغيرة اسم الاضلاع المشتركة

\*(بيان اجراء العملية في عمارة السفن)\*

لاجل تطبيق قارين السفن نصنع سطوحا منتشرة من الواح اى كتل مستوية كما ينادك (شكل ٦) ولاجل صناعة بعض اجزاء من السفينة المنحنية كالأجزاء التي عند مقدمها ومؤخرها لا يمكن ان نستخرج من الألواح العريضة جدا الاجوانب قصيرة جدا اذا كان المطلوب بقاء رسمها الملايم لبعض السطوح المنتشرة على وجه الحمة والضبط واذا تأملت صورة الجوانب المينة في (شكل ١٢) علمت انه يضع في عمله كثير من الاخشاب حتى يستخرج من الشكل المستطيل رسمه المنحني المرء وزاليه بهذه الارقام وهي ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ فاذا فرضنا الآن ان المحيط ا-ب-ج-د-ه-ف-غ-ا انحناء خفيفا ومنظما (شكل ١١) تحصل معنا حينئذ صورة يمكن وضعها بتمامها على جانب يكون اقل في العرض من صورة شكل ١٢ الا انه اذا اريد طي جانب متصل كما في (شكل ١١) فانه لا يلاء على وجه الضبط المحل الذي عين له على قارين السفينة فينبغي اذن بواسطة طرق ميكانيكية أن نجعل هذا الوضع بحيث يلاء المحل المذكور وبهذه العملية يكاد السطح المنتشر يكون معوجا دائما

وفي اجزاء السفينة التي يكون فيها انحناء القارين جسيما لا يمكن أن نستعمل جوانب مثنية بدون ان تفسد بنفس هذا الانحناء

\*(بيان عمل الاخشاب المنحنية)\*

اذا اريد صناعة قطعة من الخشب عظيمة الانحناء وتطبيقها اسفل محيط ا ب ث (شكل ١٣) على مضلع لسفينة فائسا ماخذ مسطرة ثابتة على صورة خط مستقيم مثل ٥ د ونرسم بواسطتها مستويا بين على مضلع السفينة نقط م و ش و ه الثلاثة التي هي من ا ب ث

ونعتمد من تلك النقاط المذكورة خطوط  $م ١$  و  $م ٢$  و  $م ٣$   
 الخ المستقيمة اعمدة على  $د$  ثم نقيس طولها وبعد تمام ذلك نأخذ المسطرة  
 المثلثية المتحركة ونضع ضلعها الاول على استقامة  $م ١$  والضلع الثاني  
 على امتداد سطح القارين فيصير الضلعان المذكوران في مستو عمودي على  
 $هـ د م$  و تجري هذه العملية ايضا في النقطتين الاخرين وهما  $د$   
 و  $ص$  من منحني  $م د$  الخ فيحدث من اوضاع الضلع الثاني من  
 المسطرة المثلثية المتحركة سطح معوج يكون وجهها داخليا للخشب المطلوب عملها  
 ويصنع وجهها الخارجى ايضا بعمل سطح ثان معوج تكون المسافة بينه وبين  
 السطح الاول واحدة من سائر الجهات ليكون شكل الخشب واحدا واما الوجه  
 الضيق الذى ينبغي وضعه على  $أ ب ث$  فان عمله يكون ايضا بواسطة  
 المسطرة المثلثية المتحركة فيشاهد اذن زاوية حادثة من الضلع الثاني الموضوع  
 بالتوالى في  $م د و$  و على سطح القارين ومن وجه التحام جانب  
 $أ ب ث$  المفروض من قبل ذلك وبعد تمام هذا العمل لا يبقى علينا الا نقل  
 هذا القطع في المحال التى تناسبها  
 واذا اريد صناعة سفينة فالتأبدي كما تقدم بعمل قطع مزدوجة من الخشب  
 بان نعشقها منى ونضعها على صورة مستويات منتصبة متوازية كما في  
 (شكل ١٤) ثم نلصق هذه القطع المزدوجة في آن واحد بواسطة قطع  
 من الخشب متينة تسمى بالزناشير تكون متجهة على امتداد ضلعي القارين  
 او حافتيه وتكون الخشبات التى تعقبها مستوية ومرسومة قبل ذلك في محل  
 الارائيك او القوالب واما اجزاء السفينة التى يكون انحناءها قليلا بالنظر الى  
 الطول فانه يمكن ان تصنع من مناشير مستطيلة مربعة الزوايا تربيعا مناسبا  
 ثم تلتى هذه المناشير بحيث تتلاقى في النقاط المعينة على محيط المزدوجات  
 المختلفة فاذا كان الجزء الاصغر من القارين الذى فيه وجه الزناير  
 الذى يطبق على القارين سطحا منتشرا على شكل منطقة قائمة فان

الزئار بمسجل ثنيه على هذا القارين عرضا وطولا وإذا كان الجزء الاصغر من هذا القارين المغطى بوجه الزئار الذي ينبغي أن يكون متعامدا معه سطحا معوجا لم يحصل بينهما الاتحاد التام فيجب من يد الاعتناء وبذل المهمة السككية في تطبيق الزئار مع الدقة على مصلح السفينة تطبيقا صحيحا بشرط أن يكون هذا التطبيق بموجب المحيط الذي فرضه المهندس في رسم السفينة ولا يمكن استعمال هذه الطريقة في الأجزاء المنحنية من القارين بل يجبر الإنسان على مراجعة الطريقة الآتية

وهي إذا كان أ ب ث (شكل ١٤) جزءاً من مستوى الزئار فالتساعين هذا المستوى بخطين يمتزحدهما بالقارين على امتداد أ ب ث والآخر هو د ه يصير خارج القارين ببعض مناسب ثم تقبس بالمسطرة المثلثية المتحركة الزاوية الحادثة من هذا المستوى وسطح القارين في كل من نقط أ و ب و ث على المزدوجات المختلفة

وبعد أن نضع قالب منحنى أ ب ث على قطعة الخشب (شكل ١٥) التي يفصل منها الزئار نرسم أ ب ث ونقطع القطعة المذكورة بأن نصنع أمام كل من نقط أ و ب و ث الخ حزوزاً تدخل فيها المسطرة المثلثية المتحركة فتبين الراوي المرتفعة على السفينة مع الضبط والكمال ثم نجعل الخشب بين الحزوز بحيث يحدث سطح منتشر أو معوج ونعين في داخل هذا السطح نقط أ و ب و ث المتساوية البعد من أ ب ث ثم نعين كذلك نقط أ و ب و ث المتساوية من أ ب ث بقدر عرض الزئار فيحصل بهذه الطريقة أولاً وجه أ ب ث المنطبق على المزدوجات ثم تقطع الوجه الاعلا والاسفل بكيفية عمودية على وجه أ ب ث ونجعل لهذين الوجهين عرضاً لا يتغير من سائر الجهات ثم تقطع الوجه الرابع عمودياً على الوجه الثاني والثالث ثم ان عمل هذه القطعة

وكذلك كيفية شغل العيسدان التي سبق ذكرها يكون على غاية من السهولة اذا كان اجراءه على منوال نموذج في المدن التي على شاطئ البحر بخلاف غيرها من المدن التي ليست كذلك فانه يمكن التسهيل في ذلك عند تعمير توضيحه

وقد يستعمل في العمارات المدنية السطوح المعوجة لاجل قطع اجزاء عقد بعض القبوات والسلام

ومن المعلوم ان درج السلم ينبغي ان تكون مستوية واقفية في الجزء الذي يستقر عليه قدم الانسان الصاعد او الهابط ويكون محيطها مرسوما بواسطة

**ا ب ث ف ه و د ه ف ع ش الخ** كما في (شكل ١٦)

الذي يشاهد فيه التحامات **ب ث و ه ف و ع ش الخ** التي بواسطتها تكون كل درجة مستندة على الدرجة التي تحتها ومستندة للدرجة التي فوقها وفي السلم المتوازية الدرج تكون التحامات **ب ث**

**و ه ف و ع ش الخ** موازية لبعضها ومستوية وتكون صورتها كالاشكال المتوازية الاضلاع

ولكن اذا كان اتجاه السلم مخنيا بحيث يطلق عليه اسم الدوران كانت مشكلة الدرج من المشكلات التي يصعب حلها حيث يشاهد من مبدء الامر (شكل ١٧) ان عرض الدرج مختلف في كل نقطة من نقطه وذلك لانها تكون ضيقة جدا من جهة **و** التي هي عقدة السلم وتوسع في العرض كلما

برزت وبناء على ذلك يكون انحدار السلم المقاس بخط **ع ف ف** (شكل ١٢) الاسفل مستحسنا كلما كان بعيدا عن محور السلم فاذا تدور

التحام الدرج وهو **ف** العمودى دائما على **ع ف ث** من المنتصب عندما يقرب من ظاهر السلم ويدور من الافق عندما يترب من عقدة السلم ثم ان تولى اعمدة **ه ف** على الضلع الداخل وهو **ه** يتولد عنه رسم

سلم معوج مشابه للسلم الذي في شكل ٩ و ١٠ فاذن يكون  
التحام الدرجتين المتواليين وهو هـ ف سطحا معوجا فاذا قطعنا جميع  
الاجزء المستوية من الدرجة بموجب القواعد الهندسية السهلة لم يبق علينا  
الارسم وجه الالتحام وهو هـ ف

ولاجل ذلك نقسم طول كل درجة الى اجزاء متساوية ثم نمد من نقط القسمة  
التي هي ١ و ٢ و ٣ الخ المعينة على الضلع الداخل وهو وه  
(شكل ١٧) مستقيما ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ الخ  
اعدا على هذا الضلع ومتصلة بالضلع الداخلي وهو وب بدون  
واسطة

ويتبين لنا من (شكل ١٨) ارتفاع درجة وهـ ب العمودية على  
وه ومن ثم تكون ١ هـ و ٢ هـ و ٣ هـ الخ دالة على ١ و ١  
و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ من (شكل ١٧)

واذا مددنا في (شكل ١٨) ١ هـ و ٢ هـ و ٣ هـ الخ عمودية على  
١ هـ و ٢ هـ و ٣ هـ الخ فان هذه الخطوط ترسم اتجاه وجه التحام الدرجتين اللتين  
في وه بالنظر للنقط المتقابلة وهي ١ و ٢ و ٣ الخ فيكني اذن أن  
نرسم بواسطة المسطرة المثلثية المتحركة زوايا ١ هـ أ و ٢ هـ أ و ٣ هـ أ كي  
يوجد في كل من نقط ١ و ٢ و ٣ انحناء وجه التحام هـ ف  
(شكل ١٦) من الدرج المتجاور

وتصير هذه العمليات واضحة وضوحا تاما اذا بينها المعلمون بموجب ارانيك من  
الخشب اراخص

ثم ان السلام المعتبرة كالسطح المتصل ولومن جهة سطحها الاسفل تكون من  
قبيل الاطوح الحلزونية التي لها منفعة عظيمة في الفنون (راجع الدرس  
الثاني عشر)

\*(الدرس الحادي عشر)\*

## \* (في بيان سطوح الدوران) \*

حيث فرغنا من الكلام على السطوح المستوية وجب أن نشرع في ذكر سطوح الدوران فنقول إنها سهلة التركيب وتستعمل كثيرا في الفنون وخواصها تستعمل دائما في علم الميكانيكة وتحدثها المظواهر الطبيعية نصب اعيننا على الدوام

فإذا فرضنا خطا منحنيا مثل ا ب ث (شكل ١) وأدركناه حول محور ا ث فإن السطح المتولد منه يسمى سطح الدوران ويطلق على الحركة التي تؤثر في الخط المنحني اسم الحركة المستديرة أو حركة الدوران وبالجملة حتى كانت تلك الحركة تامة بأن كان مقدارها ٣٦٠ درجة فإنها تسمى دورا

ثم إن كلا من نقط ب و ب' و ب'' الخ يرسم في هذه الحركة دوائر وتكون جميع مستويات هذه الدوائر وهي ب ب' و ب ب'' و ب' ب'' الخ متوازية وعمودية على محور ا ث الذي عليه مراکزها وهي و و' و'' الخ وقد تقدم لنا ذكر هذه الخواص المختلفة في الدرس السادس

وليس يلزم أن يكون منحنى ا ب ب' ب'' مستويا حتى يحدث عنه سطح دوران عند ادارته حول ا ث وذلك أنه إذا مده من جميع نقط الخط المنحني وهي ب و ب' و ب'' الخ عمود ب و ب' و ب'' على محور ا ث فإن طول هذه الأعمدة وبعدها لا يختلفان إذا كان مدها في مستو واحد ويحدث عن نهاياتها وهي ب و ب' و ب' ب'' الخ منحن مستوي يرسم عند ادارته حول المحور سطح دوران من جنس ذلك المنحنى

وهذا المنحنى المستوى الذى يحدث بإدارته حول محور  $أ ب$  سطح الدوران يسمى دائرة نصفها هذا السطح ومن هنا سميت دوائر  $ب أ$  و  $ب ب'$  و  $ب ب''$  الخ التى سطوحها عمودية على المحور وموازية لبعضها دوائر متوازية أو متوازيات فقط

وبقدر ما يمكن رسمه من الأشكال المتنوعة بواسطة خطوط مستقيمة أو دوائر أو منحنيات أخرى اجتماع هذه الخطوط يمكن أن تصنع عدداً جناًس مختلفة من سطوح الدوران يظهر منها أنواع متميزة تميزاً تاماً على حسب وضع المحور بالنسبة لخط التولد

ولنبين على التوالى سطوح الدوران السهلة المهمة فى الصناعة فنقول:

\*(بيان سطوح الدوران المتولدة)\*

\*(من حركة خط مستقيم)\*

إذا كان خط التولد عموداً على المحور فإنه يرسم عند إدارته حول المحور المذكور مستويًا وقد بينا فى الدرس السادس الطرق المتنوعة التى تحدثها هذه الخاصية فى الفنون لأجل صناعة سطوح مستوية

وإذا كان خط التولد المذكور موازياً للمحور  $و و'$  (شكل ٢) فإنه يرسم أسطوانة مستديرة هى التى سبق ذكرها وخاصيتها وتطبيقها على الصناعة فى الدرس الثامن

وإذا كان الخط المذكور ماراً بنقطة من محور  $و و'$  (شكل ٣) وما أثلاً بالنسبة لهذا المحور فإنه يرسم مخروطاً مستديراً قد ذكرنا خاصيته وتطبيقه على الصناعة فى الدرس التاسع

وإذا لم يكن ذلك الخط موازياً للمحور وكان بالنسبة لهذا المحور كضلع من سلم معوج موضوع جهة الضلع الآخر فإن الخط المذكور يرسم سطح دوران (شكل ٤) يكون انحناءه مختلفاً لاتجاه

وإذا لم ير خط  $أ ب$  المستقيم بمحور  $و و'$  أمكن أن نفرض خطاً ثانياً مثل  $أ ب'$  موضوعاً بالتماثل لمستوى  $و و'$  المار بهذا المحور ونقطاط

المستقيمان بالضرورة في نقطة  $ح$  الموضوعة على مستوى التماثل وإذا  
 ادركنا مستقيبي  $أب$  و  $آ$  بمرسكة متساوية حول المحور ليقربا  
 أو يبعدا مع التساوي عن مستوى  $وو$  فإن ذلك المستوى يكون دائماً  
 مستوى تماثلهما ويتقاطعان دائماً في نقطة واحدة موضوعة على المستوى  
 المذكور وندير حول المحور مستوى التماثل وخطي  $أب$  و  $آ$   
 المستقيمين فإذا كان الخطان المستقيمان منتظمين بحيث يتقاطعان دائماً على  
 مستوى  $وو$  فإنه يحدث عن نقط تقاطعهما خط منحن وهو دائرة نصف  
 نهار سطح الدوران المتولد من مستقيبي  $أب$  و  $آ$  ويتولد أيضاً  
 من الخطين المستقيمين المذكورين عند ادراكهما حول  $دو$  السطح  
 المذكور وشكل  $ء$  يبين حالتي المستقيمين اللذين يحدث عنهما هذا  
 السطح ويعرف التلامذة هاتين الحالتين حق المعرفة إذا بين أهم المعلون ذلك  
 على أنيك بدائرتين من المقوى متصلتين بمحور وبمحيط متساوية الميل في  
 جهتين متقابلتين

\*(بيان المقرض)\*

قد صنع العالم  $فرى$  وهو من قدماء المهندسين مقرضاً عظيماً نصلتان  
 مستقيمان أحدهما ثابتة وهي  $أب$  (شكل  $ء$ ) والآخرى وهي  $آ$   
 دائرة حول محور  $وو$  وهي دائماً مماسة في دوراتها الأولى وتقطع ما بينهما  
 من الاجسام

\*(بيان محلات الغزل)\*

هذه المحلات منها ما هو مصنوع من قضيبين مثل  $أب$  و  $آ$  دائرتين  
 حول محور  $وو$  وهذه المحلة إذا لف الغزل على وسطها لا يمكن سقوطه عنها  
 وإذا اردنا أن نخلع عنها مقدار ذراع من الغزل الملقوف على وسطها فإننا نقرب  
 القضيبين من المحور بطريق ميكانيكية سهلة

\*(بيان الكرة)\*



يكفي لعمل هذا السطح تدوير دائرة  $\overline{أم ب ن}$  (شكل ٥) حول  
قطر من اقطارها مثل  $\overline{أ ب}$  وحيث ان جميع نقاط محيط دائرة نصف  
النهار التي هي  $\overline{أم ب ن}$  متساوية البعد من مركز  $\overline{و}$  فكذلك  
تكون على بعد واحد من هذه النقطة التي هي المركز اذا ادورنا تلك الدائرة حول  
محور  $\overline{أ و ب}$  فاذن تكون جميع نقاط سطح الكرة على بعد واحد من مركز  
 $\overline{و}$  الذي هو مركز الكرة المذكورة

وكل نقطة موضوعة في مستوى دائرة نصف النهار وهي  $\overline{أم ب ن}$   
سواء كانت في خارجها او داخلها تكون بالنسبة لمركز  $\overline{و}$  اقرب او ابعد من  
نقط محيط  $\overline{أم ب ن}$  فاذن تكون كل نقطة من الفراغ الموجود في  
مستوى دائرة نصف النهار بعيدة عن مركز الكرة اذا كانت في خارج الدائرة  
وقريبة منه اذا كانت في داخلها  
وحيث ان تكون جميع نقاط سطح الكرة على بعد واحد من المركز واما ما عداها من  
النقط فلا يكون على هذا البعد منه

واعلم ان كل مستو مار بمركز الكرة يقطعها في خط منحن تكون جميع نقطه  
على بعد واحد من المركز المذكور بمقدار يساوي نصف قطر الكرة ويكون هذا  
المنحنى دائرة فاذا ادورنا هذه الدوائر المختلفة على كل واحد من اقطارها  
حدثت اكر متعددة المركز ونصف القطر فاذن تكون كلها بمنزلة كرة واحدة

وكل وتر مثل  $\overline{م ه}$  من دائرة  $\overline{أم ب ن}$  (شكل ٥) يكون  
اصغر من قطر  $\overline{م ن}$  ويزداد صغره كلما بعد عن مركز الكرة لكن اذا دارت  
الدوائر حول محور  $\overline{أ و ب}$  العمودي على وتر  $\overline{م ه}$  فان نصف وتر  $\overline{م ه}$   
يرسم مستويا وترسم نهايته محيطا يكون موضوعا بتمامه على الكرة المذكورة  
فاذن ينتج اولان كل قطع مثل  $\overline{م ه}$  حادث عن مستوى الكرة يكون دائرة  
وثانيا ان الدوائر المرسومة على الكرة تكون اصغر من الدوائر التي يكون

مركزها في مركز الكرة ومن هنا سميت الدوائر الكبرى او العظمى من الكرة  
ونالنا ان الدوائر الصغرى تصغر بقدر بعد مركزها عن مركز الكرة

\*(بيان الطرق المستعملة في رسم الكرة)\*

يمكن ان نعين (شكل ٩) على محور الخرطة الذي هو  $AB$  الجسم  
المطلوب خرطه على صورة كرة ثم نعين على اى بعد من هذا المحور نصف دائرة

$A$  ط - التي قطرها  $A = B$  وموازيه فاذا اخذنا آلة قاطعة

تبرز بقدر  $ط$  م المساوي لما بين  $A$  - و  $B$  من البعد ووجهها

بالتوازي على امتداد  $A$  ط - فان سنها الذي هو  $م$  يرسم دائرة نصف

النهار التي هي  $أم ب$  فاذن اذا وجهنا الخرطة فان هذه الدائرة  
ترسم كرة

ويمكن ايضا ان نضع هذه الآلة القاطعة بحيث يتزاحق ساقها وهو  $ط$  على طول

دائرة  $A$  ط - التي مركزها  $م$  ونعين مركز دائرة نصف النهار وتكون متجهة

دائما نحو  $و$  التي هي مركز دائرة  $أم ب$  و  $A$  ط - فمن الواضح اذن

ان كلامنا  $ط$  م و  $ط$  م يدل على تفاضل انصاف اقطار الدائرتين

المذكورتين حين يقطع  $ط$  دائرة  $A$  ط - وينبغي ان يكون دائما  $م$

مستقرا على دائرة نصف النهار وبذلك يمكن سن الآلة على سطح الكرة مع

الثبات

ويمكن صناعة كربواسطة الصب وبذلك تصنع كمال المدفع التي هي اكر مثلثة

ولاجل صناعة الجب والابوس التي هي اكر مجوفة ينبغي صناعة قالب تكون

صورة اجزائه مخططة (شكل ٨) ودالة على كرتين احدهما مثلثة مثل  $A$

والاخرى مجوفة وهي  $ب ب ب$  وبين هاتين الكرتين نصب الجب

والابوس فيرى من ذلك ان صحة العملية منوطة بصورتين احدهما ينبغي

ان يكون الجزء  $A$  و  $ب ب ب ب$  شكل كروي تام الثانية ينبغي

أن يكون مركزهما موضوعين في نقطة واحدة ثم نصل بواحدة المخروطية سطح  
السلك على وجهه كروي

ولنخذ في دائرة  $ام ب م$  (شكل ٩) وتر  $م م$  ونصف قطر  
و  $وا$  عمودا على هذا الوتر فإذا ادركنا شكل  $ام$  وحول محور  $اوب$   
نحصل معنا ثلاث حالات الاولى انه يتولد من قوس الدائرة الذي هو  
 $ام$  طيلسان كروي الثانية انه يتولد عن قطعة الدائرة وهي  $م ا م$  قطعة  
كروية الثالثة انه يتولد عن قطاع الدائرة الذي هو  $وم ا م$  قطاع  
كروي

وينبغي ان نفعل ما كثر استعماله من تلك المسائل في الفنون فنقول  
ما سطح الطيلسان الكروي الذي هو  $م ا م$  (شكل ٩) وما سطح الكرة  
التامة وما حجم قطعة الكرة وقطاعها وما حجم الكرة التامة  
ولاجل بيان سطح طيلسان  $م ا م$  (شكل ٩) نفرض اننا نبديل  
 $م ا م$  الذي هو قوس دائرة نصفها والكرة بكثير الاضلاع الذي لانهاية  
لعدد اضلاعه مثل  $م د و ح$  الخ ثم ندير هذا المضلع حول محور  
الطيلسان وهو  $اوب$  فيحدث عن كل جزء من الخط المستقيم وهو  $م د$   
و  $د ح$  الخ مخروط ناقص يكون محوره  $اوب$  ويكون بين السطح  
الكلي لهذه المخاريط الناقصة و سطح طيلسان  $م ا م$  الكروي مخالفة  
قليلة بقدر ما يوجد من الاضلاع في مضلع  $م د ح ا ح د م$  فحينئذ يكون  
سطح المخروط الناقص القائم الذي هو  $م د م د$  مساويا لمجموع محيط  
القاعدتين مضروبا في نصف ضلع  $م د$  اعني ان سطح المخروط  
الناقص الذي هو  $م د م د =$  (محيط  $م م$  + محيط  $د د$ )  
 $\frac{1}{2} م د$

وان سطح المخروط الناقص الذي هو  $د ح د ح$  = (محيط  $د د$  +  
محيط  $ح ح$ )  $\frac{1}{2} د ح$  وهكذا

فاذا مددنا  $د م$  موازيا للمحور فان المثلث القائم الزاوية الذي هو

م د شـ يكون مشابها للمثلث القائم الزاوية الذي هو  $\overline{و ع غ}$  الحادث  
عن  $\overline{و ع}$  العمودي على وتر م د وعن  $\overline{ع غ}$  العمودي على محور  
أو ثم على د شـ وعن  $\overline{و غ}$  العمودي على م شـ

فاذن يكون المثلثان متشابهين وينتج معنا هذا التناسب وهو د شـ  
: م د :: ع غ : و ع :: المحيط الذي نصف قطره  $\overline{ع غ}$  أو الذي

قطره  $\overline{ع ي}$  إلى المحيط الذي نصف قطره  $\overline{و ع}$  أو الذي قطره  $\overline{أ ب}$   
وذلك إذا فرضنا أن عدد اضلاع المضلع كثيرة بحيث لا يوجد تفاضل ظاهر

بين  $\overline{و ع}$  و  $\overline{و م} = \overline{و أ}$  الذي هو نصف قطر الكرة فينتج اذن ان

$$\begin{aligned} \text{م د} \times \text{محيط ع ي} &= \text{د شـ} \times \text{محيط أ ب} \quad \text{ولكن ع ي} \\ &= \frac{1}{4} (\text{م م} + \text{د د}) \quad \text{فاذن ينتج ان} \quad \text{م د} \times \frac{1}{4} (\text{محيط م م} \\ &+ \text{محيط د د}) = \text{د شـ} \times \text{محيط أ ب} \end{aligned}$$

والحد الاول من تلك المساواة هو سطح المخروط الناقص الذي هو م م د د  
والحد الثاني هو محيط دائرة نصف النهار مضروبا في د شـ الذي هو  
ارتفاع المخروط الناقص

فاذن متى كان كثير الاضلاع الذي هو م د ح الخ متكونا من عدة اضلاع  
صغيرة جدا فان السطح المتولد منه يكون مساويا لمحيط دائرة خط نصف  
الكرة مضروبا في مجموع ارتفاعات د شـ و ع شـ الخ من المخاريط  
الناقصة المتولدة من دوران اضلاع المضلع فاذن ينتج

اولا ان سطح الطيلسان الكروي وهو م م أ م يكون مساويا لمحيط الدائرة  
الكبرى مضروبا في سهم الطيلسان وهو أ و

ثانيا ان سطح الكرة يكون مساويا لمحيط دائرة نصفها الكبرى مضروبا في قطر  
هذه الدائرة

لكن حيث كان سطح دائرة أ م ب م الكبرى يساوي المحيط مضروبا  
في نصف نصف القطر أي ربعه كان سطح الكرة مساويا لسطح الدائرة  
الكبرى أو دائرة نصف النهار أربع مرات وإذا علم انه لاجل تغطية دائرة



التي يرسم بواسطتها المحروط الناقص الذي هو  $\overline{م م} \overline{د د}$  المنتشر  
وهي أن  $\overline{م د}$  و  $\overline{م د}$  (شكل ٩) حتى يلاقيا في نقطة  $\overline{ض}$  التي  
هي رأس المحروط الذي محروط  $\overline{م م} \overline{د د}$  جزء منه فاذا انشرفا هذا المحروط  
فجميع نقط كل قاعدة مثل  $\overline{م م}$  و  $\overline{د د}$  التي هي على بعد واحد من  
راس  $\overline{ض}$  (شكل ٩) تنتشر على حسب قوسى اندائرة وهما  $\overline{م م}$   
و  $\overline{ن ن}$  (شكل ٩ مكرر) اللذان مركزهما واحد وهي  
نقطة  $\overline{ض}$

وينج (شكل ٩ و ٩ مكرر) ان محيط  $\overline{م م} =$  قوس  $\overline{م م}$   
و محيط  $\overline{د د} =$  قوس  $\overline{ن ن}$  واذا كان المطلوب معرفة مدار  
زاوية  $\overline{م م} \overline{ض م}$  نقول ان قوس  $\overline{م م}$  يساوى المحيط الذي  
نصف قطره  $\overline{م م}$  و غير ان نسبة المحيط الى المحيط الذي نصف قطره  $\overline{ض م}$   
::  $\overline{م م} : \overline{ض م}$  فاذا يكون المحيط الذي نصف قطره  $\overline{م م}$  و  
 $\overline{م م} = \overline{م م} =$  المحيط الذي نصف قطره  $\overline{ض م} \times \frac{\overline{م م}}{\overline{ض م}}$

فحينئذ قوس  $\overline{م م}$  هو كتابة عن  $\overline{ض م} \times ٣٦^\circ$  من  
المحيط الذي نصف قطره  $\overline{ض م}$  وتكنى عملينا الضرب والقسمة في تحصيل  
عدد درجات زاوية  $\overline{م م} \overline{ض م}$  وبذلك نتوصل هي نفسها ومتى عرفنا هذا  
العدد فالتا نرسم مع  $\overline{ض م} = \overline{ض م}$  و  $\overline{ض ن} = \overline{ض د}$   
التي هي انصاف اقطار قوسى  $\overline{م م}$  و  $\overline{ن ن}$  (شكل ٩  
مكرر) فيتوصل حينئذ منطقة  $\overline{م م} \overline{ن ن}$  التي عند  
اثنائها الطبيعي الحاصل باتصال طرفى  $\overline{م م}$  و  $\overline{ن ن}$  يحدث المحروط

الناقص الذي هو م م م م (شكل ٩)

وقد يصنع السمكري اوصانع المقوى بواسطة صفائح من المعدن او من المقوى  
مجزأة الى مناطق مستديرة ملتحمة او ملصوقة بالغراسطوحا تكون مغايرة  
للكرة على حسب ضيق مناطق تلك الكرة وكثرتها ويتنعمهم في ذلك الطريقة  
السابقة غاية النفع ويستعملها في الغالب البنائون والنجارون  
وبعد أن ينينا طريقة صناعة السطح الكروي بخاريط لزم ان نبين طريقة  
صناعته باسطوانات فنقول

انفرض اننا نمر من محور الكرة الذي هو **ا ب** بعدة دوائر مستوية من  
دوائر انصاف النهار (شكل ١٠) بحيث تقسم الفراغ الموجود حول  
هذا المحور الى زوايا مستوية صغيرة جدا ونصور زيادة على ذلك جملة  
مستويات عمودية على محور الكرة فتكون موازية لبعضها فتقطع اولا  
الكرة الى دوائر متوازية وثانيا تقطع دوائر انصاف النهار الى عددة نقاط  
تكون على بعد واحد من بعضها فافوق هذه الدوائر فتكون تلك النقاط رؤسا  
للاشكال المضلعة المنتظمة المتشابهة التي اضلاعها المتقابلة متوازية فجميع  
الاضلاع المتوازية المتحدرة الاتجاه يحدث عنها اسطوانة قمر اضلاعها دفعة  
واحدة بدائرة نصف النهار المتوازية فينتج من ذلك عددة مناطق اسطوانية  
متشابهة من حيث سطحها لشقق قاوونة مضلعة وكلما كثرت اضلاع المناطق  
المذكورة قرب السطح الحادث عنها من سطح الكرة

\*(بيان اجراء العملية)\*

قد يجمع على هذا المنوال بواسطة شقق اسطوانية لاجل صناعة اكر او قطع كرة  
الحريير المصغ والجلد والمقوى والحريير الخالص والورق والقز وما شبه ذلك  
مما يستعمل في صناعة القباب الهوائية والمشاتات الصغيرة المثلثة بالهواء  
والاكر التي يلعب بها والاكر الارضية والسماوية المعدة لتعلم على الجغرافية  
والهيئة ومظلة المطر والشمس ووقاية النظر التي على هيئة نصف الكرة  
المستعملة لمنع ضرر ضوء المسارج وقد يكون اتجاه خطوط نصف النهار

في مغلطات الشمس والمطروفي وقاية العين معينا واسطة ساولة من الحديد  
وانظر هنا صورة الشكل الآتي الذي يلزم ان يكون للشق الاسطوانية التي  
يحدث عن مجموعها سطح تكون التماماته او محيطه دوائر انصاف نهاكرة  
واحدة

وتكون فيه عروض  $\overline{م م} = \overline{م م}$  و  $\overline{د د} = \overline{ن ن}$  الخ  
(شكل ١٠) من احدى تلك الشق مناسبة لنصف القطر للذين هما  
 $\overline{وم}$  و  $\overline{ون}$  من الدائرتين المتوازيتين وذلك لان مثلثي  $\overline{وم م}$   
و  $\overline{ون ن}$  متشابهان فعلى هذا اذا كان  $\overline{وم}$  و  $\overline{ون}$  هما نصفا  
قطري الدائرتين المتوازيتين المطابقتين لخطي  $\overline{م م}$  و  $\overline{د د}$  تحصل  
معنا هذا التناسب وهو  $\overline{وم} : \overline{ون} :: \overline{م م} : \overline{ن ن} :: \overline{م م}$   
:  $\overline{د د}$  فاذا نعرف بغاية السهولة المعروض التي تطابق النقط من كل شقة  
وبذلك نعرف شكل هذه الشق

\*(بيان اجراء العملية في على الجغرافيا والهيئة)\*

اعلم ان خواص الكرة تستعمل في هذين العلمين استعمالا مفيدا  
فقد يكون شكل الارض في الظاهر على صورة سطح دوران لا يغاير الكرة  
الاقليلا

وقد مكث الناس قرونا عديدة حتى عرفوا ان الارض مستديرة من جميع  
جهااتها وسميت كرة لان شكلها كروي ولم يعرف علما الهيئة ان الارض مسطحة  
من جهة وبارزة من جهة اخرى وهو دية الا بمعرفة خواص الهندسة  
والميكانيكة التي ظهرت في آن واحد

وحيث رأى الجغرافيون ان سطح الارض كروي قسموا السطح المذكور  
بهذه الكيفية

وهي انهم اطلقوا اسم المحور على الخط المستقيم الذي يترأى لهم ان السماء  
تدور حوله دورانا تاما في طرف اربع وعشرين ساعة واطلقوا اسم قطبي  
الارض على النقطتين اللتين يمر بهما المحور المذكور من سطح الارض وسموا



بسطوح دوائر انصاف النهار كل ما مر منها يهذين القطبين وجسمها دوائر  
انصاف النهار الخطوط التي تربطها هذه السطوح على سطح الارض وجعلوا  
المتوازيات جميع الدوائر المرسومة على سطح الارض المذكورة بواسطة  
مستويات متوازية وعمودية على الارض

فاذا اعتبرنا ان الارض سطح دوران كان كل متوازيين على بعد واحد من  
بعضها ما كانت دوائر انصاف النهار هي التي تقاس بها المسافة القاحلة  
للمتوازيات على السطح المذکور

وكل متوازي يمر سطحه بمرکز الارض فهو اكبر المتوازيات ويسمى بخط  
الاستواء لانه يقسم الكرة الى جزئين متساويين يسمى كل منهما بنصف  
الكرة

ونصف الكرة الشمالي هو الذي يكون فيه القطب الشمالي وعليه فتكون بلاد  
فراسا موضوعة في نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الاخرى يسمى جنوبيا  
تسمية له باسم القطب المشتمل هو عليه

فادافرضنا ان هنالك ٣٦٠ من مستويات دوائر انصاف النهار متساوية البعد  
فانها تكون مشتملة على زوايا قدر كل زاوية درجة واحدة وتقسم المتوازيات  
وخط الاستواء معا الى ٣٦٠ جزءا متساوية اعني الى ٣٦٠ وهي  
درجات الطول فاذا قسمنا المسافة المنحصرة بين اثنتين من دوائر انصاف النهار  
المذكورة التي هي ٣٦٠ الى ٦٠ جزءا متساوية بمستويات دوائر  
انصاف نهار كروية اخرى فان هذه المستويات تقسم درجات الطول الى ٦٠  
جزءا متساوية وكذلك الى دقائق وغير ذلك

فاذا كانت المتوازيات متساوية البعد وكان عددها ١٨٠ فانها تقسم  
دوائر انصاف النهار الى ٣٦٠ جزءا متساوية وهي درجات العرض وقد  
يقسم بعض المتوازيات المتوسطة تقسيما ثانويا تلك الدرجات الى دقائق وثوان  
وثوانث وهلم جرا

\*(بيان قسمة سطح الارض الى مربعات كروية ليتيسر من خلالها تخطيط الاماكن)\*

كما ان سطح المستوى يتقسم الى مربعات بواسطة خطوط متوازية وعمودية  
ليتم بها وضع الاشكال المرسومة على هذا المستوى كذلك يتقسم سطح  
الكرة الى مربعات كروية بواسطة دوائر متوازية وعمودية ليستبين بها مع  
الضبط والجملة على هذا السطح وضع سائر الاماكن والخطوط الشهيرة  
كموضع المدن وبحار الانهار واتجاه سلاسل الجبال ومحيط شواطئ البحر  
وتعود ذلك

فانه متى عين في نصف الكرة ما يكون عليه وضع المكان من المتوازيات  
او دوائر انصاف النهار كان وضع ذلك المكان معينا تعينا تاما وطريق ذلك  
ان تعد المتوازيات بواسطة درجات العرض على هذا الوجه وهو ان بتدئ من  
٠° و ١° و ٢° و ٣° الى ٩٠° ويكون ذلك من خط الاستواء الى  
القطب الشمالي من الجهة الاولى والى القطب الجنوبي من الجهة الثانية ونعد  
ايضا دوائر انصاف النهار بهذه الكيفية بان بتدئ في العدم ٠° و ١°  
و ٢° و ٣° الى ١٨٠° من درجات الطول ويكون ذلك من دائرة نصف  
النهار التي تمر برصد خانه باريس مع تعيين درجات المشرق ودرجات  
المغرب فاذا وصل الانسان الى ١٨٠° من درجات الطول كان على دائرة  
نصف نهار باريس

ومتى عرفنا بهذه الكيفية وضع اى نقطة من الكرة على احد نصفي الكرة  
كفى في الوقوف على وضعها الحقيقي الذي لا يلبس بوضع آخر ان نعرف عدد  
الدرجات الذي يدل على طولها والذي يدل على عرضها  
وانفع عملية في الجغرافيا والهيئة والملاحظة هي التي عرف بها وضع المدن  
الشهيرة والجهات العظيمة من الكرة بواسطة عدد الدرجات وكسورها  
في الطول والعرض الدالين على وضعها وبالجملة فهذه الطريقة تستعمل  
كمرايت في تعيين وضع اى نقطة على الكرة بواسطة عددين وهى اقرب بها  
بالطريقة التي نستعمل في تعيين وضع اى نقطة على مستوي بواسطة  
عددين

وقد تستعمل إحدى الطريقتين في رسم سطح الأرض الكروي على خارطة  
مستوية ذات مربعات متكونة من خطوط مستقيمة

وقد يرسم بعض الخطوط المستقيمة المتوازية المتساوية البعد التي هي  $\alpha$  و  $\alpha$   
و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  الخ (شكل ٢ لوحة ٥)  
دوائر انصاف النهار المنفردة على هيئة مستقيم فترسم حينئذ الخطوط  
المستقيمة المتوازية التي هي  $1$  و  $1$  و  $2$  و  $2$  و  $3$  و  $3$  الخ  
الدوائر المتوازية المنفردة الممتدة لأن خط  $1$  و  $1 = 2$  و  $2$   
 $= 3$  و  $3$  وهكذا مع ان المتوازيات تصغر كلما بعدت عن خط  
الاستواء

ولنفرض الآن ان تقاسيم  $1$  و  $2$  و  $3$  و  $3$  و  $4$  الخ  
تتدب بالنسب الى المتوازيات المقابلة لها وهي  $1$  و  $1$  و  $2$  و  $2$   
و  $3$  و  $3$  الخ فاذا فرضنا ان المربعات صغيرة جدا امكن ان تعتبر ان كل  
واحد من المربعات التي رسمت على الكرة مربع مستو طوله وعرضه مناسبان  
للطول والعرض من المربع الممتد بالنسب في الجهتين على الخارطة  
المستوية

فحينئذ تكون جميع الاشكال المرسومة على الكرة في الخارطة المختصرة منقولة  
على اجزاء متشابهة مستوية وعليه فتكون الاجزاء الصغيرة التي تتركب  
منها الاجزاء المتشابهة متشابهة ويحدث عن خطوطها مع بعضها جلة زوايا  
كما تحدثها مع المتوازيات ودوائر انصاف النهار وغير ذلك ومن هذا القبيل  
ما يسمى بالخارطات البحرية

\*(بيان اجراء العملية في اتجاه الطرق)\*

\*(في علم الملاحة)\*

اذا اراد الانسان في سياحته ان يسلك طريقا واحدة يتولد عنها مع دائرة  
نصف النهار زاوية واحدة فان تلك الطريق ترسم على الخارطة الكروية بواسطة  
خط مستقيم يمتد من النقطة التي يتبدى منها السياح الى النقطة التي ينتهي اليها

وهذا الخط تعرف زاوية الطريق التي سلكها الملاح في انتقاله من محل الى آخر  
هو آء كان سيره في بحر كروي الشكل اوسطه ذو تعريجات وانعطافات  
واذا فرضنا ان الارض كروية الشكل فانما ارباب البحر اقيون بذلك انها مع عدم  
تساوي اجزائها المختلفة التي تظهر من سطحها تغاير قليلا صورة سطح الكرة  
بالنظر لعظم جرمها وان كان في الواقع ونفس الامر ارتفاع الجبال الشاهقة  
لا يساوي جراً من الق من قطر الكرة القريبة جداً من شكل الارض وعظم  
جرمها

وقد تكون خشونة قشر النارجة مثلاً بارزة بالنسبة لحجمها اكبر من الجبال  
الشاهقة بالنسبة لحجم الارض

ولاجل قياس ما بين تلك الاجزاء من الاختلاف مع غاية الضبط فرض انه  
من نقطة معينة من شاطئ بحر او بحيرة مثلاً نرسم سطح كرة يكون مركزه عين  
مركز الارض ونعين عليه دوائر انصاف النهار والمتوازيات المقابلة لدوائر  
انصاف النهار الارضية

ولاجل تحديد وضع اى نقطة من الكرة يلزم تعيين ارتفاع النقطة المذكورة  
من اعلا سطح الكرة المتقدمة ثم نبين عدد درجات الطول والعرض اللذين  
يعرف بهما المتوازي ودائرة نصف النهار الماران بالعمود الممتد من النقطة  
المقصودة الى سطح الكرة

وسنبين عند الكلام على معادلة السواء كيفية قياس ارتفاعات النقاط  
المختلفة من الكرة ونقلها الى سطح الكرة المجعولة حد التشبيه بواسطة الآلة  
المسماة بالبارومتر ومثل هذه الآلية ليس مما يرغب فيه الانسان كمال  
الرغبة وانما يستعملها المهندس الذي يريد رسم خيلان او طرق ليعرف بها  
ارتفاعات الانخفاض والارتفاع اللذين يلزمه جوبهما عند ادراته المنهاب  
من محل الى آخر وتعمل ايضا في قسمة الكرة الى اقطار تكون ارتفاعاتها  
دالة على الاقطار الحارة وعلى كثير من الخواص الطبيعية  
وزيادة على ما بين الاجزاء الارضية من الاختلاف الكثير الذي يتولد منه

تعزيزات قليلة الامتداد او كثيرته وطا هرة قليلة او كثيرها على سطح الكرة  
الظاهر ترى في صورة الارض تغيرا واختلافا عاما في جميع اجزائها تبعدها  
عن شكل الكرة فتراها مسطحة من جهة قطبيها ومنبسطة من جهة خط  
الاستواء فاذا كان الانسان على سطح الكرة وكان في القطب فانه يكون  
قريبا من مركز الارض اكثر مما اذا كان في الاقطار المتوسطة ومن باب اولي  
اذا كان في خط الاستواء

ثم ان معرفة تسطيح الارض مهمة جدا في الصناعة لما ان تسطيحها يجعل  
درجات العرض طويلة من جهة القطب وقصيرة من جهة خط الاستواء  
وله تأثير عظيم في قوة الثقل التي تقاد اليها جميع الاجسام وهذه القوة في جهة  
القطب اعظم منها في جهة خط الاستواء ومن هنا البندول المنقول من القطب  
الى خط الاستواء فانك ترى حركته تبطئ شيئا فشيئا واذا لم يكن هنالك مانع  
ترى عود الهواء الواقع على القطب انقل من العمود الذي يقع على خط  
الاستواء وينتج من ذلك تنوعات في حركة الآلات المائية والآلات البخارية  
وغيرها

وسأني لك عند الكلام على الآلات والقوى المحركة في المجلد الثاني والثالث  
بيان القاعدة التي بمقتضاها يتغير ثقل الاجسام وثقل الكرة الهوائية وسرعة  
البندول في الاماكن المختلفة من الارض وبيان ما ينتج عن ذلك من النتائج  
المستعملة في عدة فنون

### \* (بيان الكرة السماوية) \*

تستعمل الكرة المنقسمة بواسطة المتوازيات ودوائر انصاف النهار الى  
مربعات ليعرف بها وضع الكواكب في السماء كما يعرف بها ذلك على الارض  
فدور اولان السماء كرة محورها ومركزها عين محور الارض ومركزها وثانيها  
ان جميع الكواكب تكون موضوعة على سطح الكرة المذكورة  
وحيث ان معظم الكواكب وهي النجوم على بعد واحد من بعضها في الكرة  
السماوية كان وضعها الاصل لا يتغير

فاذا كان هذا النجم موضوع مع غاية الضبط على اتجاه المحور بمعنى انه قريب جدا من القطب كان بمفرده ثابتا اذا تحركت النجوم الاخرى فلذا سمى بالنجم القطبي لقربه منه ثم تراه يرسم دائرة صغيرة جدا وقد يتغير وضع جميع الكواكب بالنسبة اليها فلذا كان الفلكيون يقيسون عدد درجات الطول والعرض التي تدل على الوضع المذكور في اليوم بتسميه وفي ساعات معلومة منه فذا عينوا في السماء عدة نقط منفردة عن بعضها تدل دلالة تامة على الطريق الذي يقطعه الكوكب فانهم يرون من هذه النقط بخط منحني مستمر وهو الطريق الذي يسير فيه الكوكب بتحريكه الظاهري على سطح الكرة السماوية

وبعرفة هذه المنحنيات المرسومة بحركة الكواكب علم النجومون انها مسطحة وقابلة لان تكون مرسومة على مخروط قائم مستديرا و سطح دوران مخروطي وهو القطوع المخروطية فالكواكب السيارة ترسم في سيرها قطوعا ناقصة ويتراى ان ذوات الدنب ترسم قطوعا مكافئة وان الشمس تشغل نقطة احتراق هذه المنحنيات (راجع الدرس الثالث عشر)

ولهذه العمليات الهندسية مدخل عظيم في سير الكواكب قدرونها لا يمكن ايجاد خاصية التجاذب العظيمة التي تبين قوى الكواكب السيارة وحركاتها وتجعل لعلم الفلك عندنا آخرين علوشان ومزيد اعتبارا اكثر مما كان عليه عند المتقدمين

ولذا كانت الهندسة لا تتغير في تطبيقها على الصناعات من ادنى نحاس يصنع قعاعا على شكل مخروط قائم مستديرو يقطعه بالانحراف على وضع مائل اذا اراد تطبيقه على انا مثل انى اعلام مهندس يتسبب سير الاجسام السماوية وشكل المحاريط النفرية التي تو اعد هذا المنحنيات المتطوعة بـ كـز الكواكب فان الهندسة في ذلك كنه واحدة وكذلك السطوح والقطوع والمنحنيات المستعملة في اسهل الصنائع واعظم تطبيقات العلوم فانها ايضا واحدة لا تتغير

وقول ان الغرض الاصلى من هذه المقابلات هو تسهيل المسائل التى بدون ذلك يقزع الانسان من مطالعتها لكن يسهل عليه فهمها ان وقف على ما بينها من المشابهة وعلى كيفية اجراءهم اعند جميع الناس حيث انهم يستعمل فى اشغال كثيرة نساشر عمليتها كل يوم بايدينا او تنكون نصب اعيننا فلا مانع ان نقول ان ذلك هو حقيقة الهندسة التى تطبق على العلوم والفنون والحرف

واذا رصدنا مع النامل وامعان النظر منظر السماء فى ليلة صحو رأينا الكواكب التى تزين القبة السماوية لا تمكث ثابتة بالنسبة الىنا بل زاهيا ترتفع على التوالي كالشمس من جهة المشرق آخذة الى الجنوب وتخفض جهة المغرب حتى تختفى الى الغد

وكل نجم يرسم فى هذه الحركة دائرية وجميع هذه الدوائر متحدة المحور وهو عين محور الارض ولذا كان يترأى لنا من منظر السماء كأن القبة السماوية لها حركة دوران حول محور الارض

وقد اعتقد كثير من الناس فى قرون عديدة ان جميع الكواكب تدور على الوجه السابق حول الارض التى هى على اعتقاد العامة ثابتة فى مركز الدنيا وبالهندسة يظهر لنا سر هذا المنظر السماوى وما يبدو فى شأنه من التخييلات

وذلك اننا بعيدون عن الكواكب بحيث ان الاشعة النظرية الصاعدة من اماكن مختلفة من الارض الى كوكب واحد تظهر باجمعها متوازية فاذن يكون منظر السماء واحدا سواء كان الناظر على سطح الارض او فى مركزها فاذا فرضنا ان الناظر فى المركز ان السماء تدور بحركة تامة منتظمة فى ظرف اربع وعشرين ساعة حول محور الدنيا كانت الارض ثابتة واذا فرضنا ان الشمس ثابتة لزم عكس ذلك وهوان الارض تدور حول محور الدنيا وفى هذه الحركة يكون الكوكبان اللذان يترأى انهما ثابتان هما قطبا الدنيا وحيث ان بعد كل كوكب من هذين القطبين لا يتغير فان كل كوكب صاعدا كان اوهابطابا بالنسبة

لاقي عدة تقط مختلفة من الارض يكون دائماً على شعاع نظري يصنع مع الشعاع الذي يتجه نحو القطب ويدل على محور الارض زاوية واحدة فاذا نيتراى لسان كل كوكب يتحرك على مخروط واحد مركب من الاشعة النظرية ولا تزال جميع الكواكب عند قربها من محاريطها ثابتة على بعدها الخاص بها وعليه فيكون منظر السماء واحداً لو فرضنا ان الارض ثابتة والسماء متحركة فمن كانت مشابهة مناظر السماء تعرف بواسطة خاصية سهلة تجد من دوران السطوح والنقط حول محور ثابت فاذا كانت الارض ثابتة فان القبة السماوية تدور حول محور الارض وبالعكس اعني انه اذا كانت القبة السماوية ثابتة فان الارض تدور على نفسها ومتى عرفنا قواعد الحركة المستديرة رأينا ما استقر عليه رأى المهندسين في شأن السماء والارض

ولست الكرة بمفردها سطح دوران بحيث يمكن تولده بدوران دائرة حول خط مستقيم فاذا فرضنا ان محور السطح المذكور لا يمر بمرکز الدائرة فانه يحدث سطح من جنس السطوح التي تسمى بالحلقات لان الحلقات التي تستعمل في الصناعة هي نوع خاص من جنس السطوح المذكورة ومن المعالوم ان سائر مستويات دوائر انصاف انهار تقطع الحلقة في دوائر متساوية كما في (شكل ١٢) وان جميع المستويات المتوازية تقطع ايضا السطح المذكور في دوائر نصف قطرها مختلف

واعلم ان الخواص التي يلبسها الرجال والنساء في اصابعهم هي في الغالب سطوح مستديرة تسمى بالحلقات

ويستعمل في الفنون حلقات مثل ا ب ث كما في (شكل ١٣)

تربعين هـ د ش من رزة د هـ ف المسورة في البلاط وفي حائط ليحدث عنها حلقة ثابتة يرتبط فيها جمل حبال

ويستعمل ايضا شكل الحلقة او جزء منها في تزيين العمارات

وقد يكون ربعان من الدائرة وهما ا ا و خ خ (شكل ١٤)

الموجودان في رؤس الاعمدة وقواعد رربعين من السطح الحلقي المتولد من



دوران دائرة حول محور العمود وتكون بسطة  $\overline{ب ب}$  نصف سطح  
حلقى مصنوع من دوران الدائرة حول محور العمود المذکور  
ويستعمل المعمرجى ايضا السطح الحلقى لصناعة القبيب ومن ذلك ما يشاهد  
في العمارة الظرفية التي بسرت القمع بباريس من القبة الظرفية التي على  
شكل نصف كرة مثل  $\overline{أ ب}$  كما في (شكل ١٥) حولها سطح

حلقى جانباه مركبان من نصف كرتي  $\overline{أ د ه}$  و  $\overline{ث ف غ}$   
وقد تركيب النائية المستديرة القديمة التي على هيئة (شكل ١٢) من اجزاء  
اسطوانية مثل  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{ث د}$  و  $\overline{ه ف}$  و  $\overline{ع ش}$  ومن اجزاء  
حلقية ايضا مثل  $\overline{م د}$  و  $\overline{ح غ}$  و  $\overline{ر ض}$  و  $\overline{ط ع}$  و  $\overline{س ه}$   
وحين يضع التجار الخرافة حول باب مقنطر مصمت ترسم الاجزاء المستديرة  
من حديد فارته سطوحا حلقية

ويكون ناقوس  $\overline{أ ب ث د ه}$  (شكل ١٧) المستعمل للدق  
في المعامل والكنائس والمساكن الساذجية سطح دوران مركبا من اجزاء  
مخروطية ومن اجزاء حلقية

١٨ - الحارة يستعملن حلقة غير كاملة الاستدارة ويسمونها بالقشرة  
ويلقون على هذه الحلقة حبلا يكون مسكنه تجويفها الخارجى ويشد  
طرفاه بحيث يعذر خروج الحلقة منهما ثم يوضع فيها حبل ثان يتحرك فيها  
بدون مانع

وه  $\overline{أ ب}$  مدخل  $\overline{أ ب}$  منه زماما طويلا في ظواهر زحل وخاتمه الذي يظهر مع  
التدريج بهيئات مختلفة مثل  $\overline{آ}$  و  $\overline{آ}$  و  $\overline{آ}$  الخ كما في (شكل ١١)  
ولم يكنهم الوقوف على حقيقة ذلك لكنهم اذا تجسروا في المعارف الهندسية  
عرفوا بعباية السهولة ان ختم زحل الذي تتغير مناظره وهى  $\overline{آ}$  و  $\overline{آ}$  و  $\overline{آ}$   
ويكتنف تارة كرة زحل وتارة يقطعها يكون في الحقيقة ثابت الصورة والنظم  
وتكنى طريقة المساقط السهلة في ايضاح الخاتم المذکور

ح - لمة ١٩ - حل في الفنون بكثرة هو الطارة فالطارات المستعملة

في البكرات هي اسطوانات مسطحة بالكلية من جهة عرضها ومجوفة من جهة محيطها على هيئة سطح حلقى متولد عن دوران قوس دائرة ويحدث ايضا عن قطع عجلات عربية مثل  $\overline{م}$  و  $\overline{م}$  و  $\overline{م}$  (شكل ١٨) سطح دوران حلقى ويكون جزء هذه العجلات الذى في مركزها مصمتا وهو ما يسمى بقلب العجلة وهو  $\overline{أ ب ث د}$  ويضم سطح الدوران المذكور بانصاف اقطار متساوية البعد عن بعضها الى الحلقة التى تصنعها القطع وتكون القطع المذكورة المترتبة من اجزاء متساوية مغطاة بجلب من الحديد يتصلب بها اطراف القطع التى هي مسطرة عليها

وهذه العجلات تكون سائر انصاف الاقطار بالنظر اليها في مستوا واحد مثل  $\overline{ر ر ر}$  وحيث تكون الجلب المتخذة من الحديد عمودية من جميع الجهات على المستوى المذكور ويحدث عنها اسطوانة

وهناك عجلات اخرى تكون انصاف اقطار  $\overline{ض ض}$  و  $\overline{ض ض}$  الخ بالنظر اليها متجهة كاصلاع المخروط القائم المستدير والجلب العمودية من جميع الجهات على استقامة انصاف الاقطار المذكورة يحدث عنها في حداثها سطح مخروط ومن هذا القبيل العجلات المخروطية وعند ذكرنا خواص الميكانيكية للعجلات بين ما لنوعى سطوح الدوران المذكورة من المنافع والمضار لاجل نقل الاثقال

وسطح البراميل هو واحد سطوح الدوران التى اشتهرت دون غيرها بساذجية تركيبها لما انها مركبة من الواح رقيقة السمك تسمى دقفا وملتحمة باضلاعها الضيقة جدا بحيث اذا طويت مع الشدة بدوائر متوازية كدوائر  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{أ ب}$  (شكل ١٩) وبقيت على ذلك الطى حدث عنها سطح دوران متوازياته هي عين الدوائر وجوانبه هي التحامات الدقوف

ولاجل غلق سطوح الدوران المذكورة تصنع مستويا مستديرا من الواح اخرى رفيعة جدا تسمى بالقاع ويكون هذا المستوى مفصلا على حسب الاطراف

ومصنوعا على صورة قطع مخروطية ليدخل في حزم مستديري يسمى مدخلا  
ويحفر على الوجه الداخل من الدفوف

ويجب على صانع الدفوف بعد أن يجعل لها سمكا مناسباً أن يضعها من الطرفين  
بان يمهّد وجهها الرقيق على قارة كبيرة ثابتة يقال لها الرندج الكبير  
ولا يتوقف هذا العمل الاعلى بمجرد النظر فلذا كان يشأ عنه عدم الانتظام

الذى يضرب بصناعة البراميل

ويجب علينا ان نتمم باستعمال طرق هندسية لتجعل للدفوف شكلا كاملا

الانتظام فلنفرض ان كل دف يقتنى بين ثلاث نقط ثابتة كنقط **ا ب**

**و ث** أو أكثر (شكل ٢٠) وان **و و** عبارة عن محور برميل دفه **ا ب ث**

فيتحصل معنا قارة سلاحها موضوع في المستوى الجانبي بمعنى انه يتر محور

**و و** ولنفرض ان هذا السلاح نارة يمكن تدويره حول المحور المذكور وتارة

يمكن سيره ورجوعه في مستوى دائرة نصف النهار فاذا قربت القارة

على وجه لائق من دف **ا ب ث** فانتا صنع الوجه الصغير والامن اعلاه على

حسب الشكل المطابق لصورة البرميل الجانبية وثانيا بقلب هذا الدف

اي جعل اعلاه اسفله

فاذا صنعت الدفوف بهذه الطريقة كانت صالحة لصناعة سطح دوران مع غاية

الضبط

وقد اساسوا بمقتضى هذه الطريقة فبريقة عظيمة في مدينة غلاسكوونية

يلاد ايقوثيا لصناعة البراميل ولا وجود لها الا في فرنسا ايضا

فبريقة يظهر انها نتجت في هذه الصناعة

فاذا اجتمعت سائر الدفوف نشرنا اطرافها بشرط أن يكون سطح القطع

عوديا على المحور ثم نحفر الحزم المسمى مدخلا بقارة مشابهة للجنكار وهي آلة

من آلات النجارة لها ضلع مسطح يوضع على المحيط المرسوم باطراف الدفوف

بخلاف سلاح القارة الرقيق البارز فانه يكون على قضيب قائم على

بعد كاف من اسفل الضلع المسطح لاجل حفر المدخل ثم تقطع القاعات على

حسب دائرة نصف قطرها يساوي نصف قطر المدخل ومضى ثم ذلك بنسط  
الدخول من جهة اطرافها حتى يمكن ادخال القاعان في المدخل ثم يرتق البرميل  
بان نضع دوائر محددة متخذة من الخشب والحديد عوضا عن الدوائر الوترية  
المستعملة لصناعة البرميل المذكور

والبراميل هي اعظم ما يتخذ من الخشب في صيانة المائعات بحيث لا يفقد  
منها شيء وهذا انما يكون في صورة جودة الخشب واتقان صناعة البراميل  
ومن جملة تنظيم وسق السفن ان يكون فيها مقدار عظيم من البتاني التي تشغل  
عدة طبقات مثل  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{ب د}$  و  $\overline{د ه}$  كما في (شكل ٢١)  
وتسمى بالصف الاول والثاني والثالث من طبقات التنظيم ومن الضروري  
ان نعرف قبل ذلك ارتفاع هذه الطبقات المذكورة لنعلم المسافة التي تشغلها  
براميل التييز والماء والعرق وما اشبه ذلك من باطن السفينة المسمى خسا  
وكذلك المسافة التي تبقى لجل المواد الاخر التي يتم بها وسق السفينة

(ومما ينبغي التنبيه عليه ان البتاني المشار اليها بتلك الحروف وهي  $\overline{م}$  و  $\overline{د}$   
و  $\overline{ح}$  المفروض تساويها متلاصقة فاذا تكون مراكزها الثلاثة متباعدة  
عن بعضها بمقدار يساوي القطر الاكبر من كل واحدة منها فاذا اردنا في مثل  
 $\overline{م د}$  من رأس  $\overline{د}$  خطا مستقيما كخط  $\overline{د ه}$  ثم عمودا على  $\overline{م د}$   
وفرضنا ان  $\overline{م ه} = \overline{د ه} = ١$  نتج ان  $\overline{م د} = ٢$  ثم انه  
بمقتضى خاصية مربع وتر الزاوية القائمة ينتج ان  $\overline{د ه} = \overline{م د} = ٢$   
 $\overline{م ه} = ٢ - ١ = ٣$

ويؤخذ من ذلك ان خط  $\overline{د ه}$  يساوي تقريبا  $٧٣$  و  $١$  الا ان  
مركز  $\overline{م}$  و  $\overline{ح}$  يكونان على بعد واحد من الارض مساو لنصف قطر  
البتاني  $= ١$  فاذا يكون مقدار ارتفاع مركز  $\overline{د}$  فوق الارض  $٧٣$   
و  $٢$  واذا كانت بنية  $\overline{د}$  موضوعة وضعها كما على بنية  $\overline{ح}$  كان ارتفاع  
مركز  $\overline{د}$  فوق الارض مساويا لنصف القطر ثلاث مرات فاذا يتوفر من  
تعتق كل صف من البراميل  $٢٧$  جزءا من مائة من نصف القطر تقريبا

ومع ان ترتيب (شكل ٢١) يوفر ٢٧ جزءاً من مائة من تقصير  
البناتي يضيع من الانسان مسافة كبيرة وينع هذا الضعف باستعمال  
صناديق من الحديد على صورة شكل مكعب توضع فيها مياه السفن وتحفظها  
حفظاً جيداً

وقد يصنع في الخزانات البرية والبحرية بواسطة الكلال ودانة الابوس والجب  
وغيرها من الدانات المجهزة التي قطرها واحد وعيارها واحد كيان منتظمة  
بمستويات اقصية كما في (شكل ٢٢) ويكون شكل قاعدة هذه الكيان في العادة  
مستطيلاً وتكون صورتها على شكل منشور مثلثي وواجهها متماثلة الوضع  
(ولاجل معرفة عدد الكلال التي يحتوي عليها كوم يكون على شكل منشور  
ناقص منتظم ككوم (شكل ٢٣) نحسب اولاً مقدار الكلال التي في احد  
اوجه مثلث  $ا ب ث$  فاذا عددنا مثلاً ما في صف  $ر$  من الكلال وجدناه  
يبلغ هذا العدد وهو

$$(1 + 2 + 3 + \dots + r)$$

فنضرب ثلث هذا العدد في مجموع الكلال التي في الصفوف الطرفية وهي  
 $1 + 2 + 3 + \dots + ث$  الدالة على اضلاع المنشور الناقص المنتظم  
وهو  $ا ب ث ا ر ث$

ولكن  $\frac{1}{6}$  مثلاً عبارة عن عدد كلال صف  $ا ا$  فيكون كل من صفي  
 $ب - ر$  و  $ث - ث$  محتوي على كل صف  $ر - 1$  اكثر من احتواء  
صف  $ا ا$  عليها فيكون  $ا ا + ب - ر + ث - ث = 3 - ر$

$$2 - ر + 2$$

فان يكون مقدار مجموع كل الكوم  $\frac{1}{6} (1 + 2 + 3 + \dots + ر)$   
 $\times (3 - ر + 2 - ر + 2)$  ومعرفة هذا الحاصل سهلة  
فاذا لم يكن في صف  $ا ا$  الاكلة واحدة فان المنشور يصير هرماً مربعياً  
عدد كلاله

$$\frac{1}{6} (1 + 2 + 3 + \dots + ر) (3 - ر + 2)$$

أو  $\frac{1}{2} (1 + 2 + 3 + \dots + r)$  الخ  $(1 + 2 + 3 + \dots + r)$  وإذا كان  
 الكوم مثلثيا فان  $11 = 1 + 2 + 3 + \dots + 10$  و  $11 = 1 + 2 + 3 + \dots + 10$  فاذن  
 ينتج ان  $11 + 11 = 22 = 1 + 2 + 3 + \dots + 10 + 1 + 2 + 3 + \dots + 10$   
 فاذن يكون عدد كل الكوم المثلثي الذي صفوف كاله  $r$   
 $(1 + 2 + 3 + \dots + r) \times \frac{1}{2} (1 + 2 + 3 + \dots + r)$

\*(الدرس الثاني عشر)\*

\*(في بيان السطوح الخزونية)\*

ينبغي لنا قبل الشروع في بيان خواص السطوح الخزونية وتطبيقها على  
 القسور ان نختبر المنحنيات التي يكون بها تركيب هذه السطوح  
 وذلك بان نرسم مستطيل  $وش$  كـ (شكل ١) ونقسمه الى قطع متساوية  
 العرض بواسطة خطوط مستقيمة متوازية مثل  $ا-ب$  و  $ب-ث$   
 و  $ث-د$  الخ ونمذ خطوط  $اا$  و  $بب$  و  $ثث$  و  $دد$  الخ المائلة  
 وهلم جرا فتصير تلك الخطوط بالضرورة موازية لبعضها حيث انها تقطع  
 متوازيات اخرى مثل  $ا-ب = ب-ث = ث-د$  و  $ا-ب = ب-ث = ث-د$   
 و  $ث-د = د-ه$  وغير ذلك الى اجرا متساوية

ولنفرض الان ان المستطيل المذكور ينثنى حتى يصير على صورة شكل  
 اسطوانى يكون احد اضلاعه  $وش$  وتغلق الاسطوانة بالكلمية بحيث  
 ينطبق ضلع  $اك$  على  $وش$  انطباقا تاما فتقع حينئذ نقطة  $ا$   
 على نقطة  $و$  و  $ب$  على  $ا$  و  $ث$  على  $ب$  و  $د$  على  $ث$  وهلم  
 جرا حيث كانت الاضلاع موازية لضلعي  $وش$  و  $اك$  كانت معينة  
 على مستطيل  $وش$  كـ  $ا$  بخطوط  $ح-ح$  و  $رض$  و  $ط-ع$   
 الخ المستقيمة الموازية لضلعي  $وش$  و  $اك$  الا ان هذه الخطوط المستقيمة  
 المتوازية تقطع على المستطيل مائلات  $اا$  و  $بب$  و  $ثث$   
 و  $دد$  الخ في زوايا متساوية حيث ان هذه المائلات متوازية وبالمجمله  
 فاذا طبقنا المستطيل على الاسطوانة (شكل ٣) كانت كل زاوية من

الروايا المتألفة من مائلات ١١ و ب و ث و خ (شكل ١)  
ومن اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ لا تتغير  
فحينئذ اذا انضمت مائلات ١١ و ب الى الاسطوانة في نقط  
ا و ب و ث و خ و ز و ح (شكل ١) حدث عنها  
منحنى يتكون منه مع اضلاع الاسطوانة زاوية واحدة في جميع جهاته  
وهذا المنحنى المنفرد هو الذى يطلق عليه اسم الخط البريى او الحارونى  
الاسطوانى

واذا اتتني المستطيل بحيث يحدث عنه اسطوانة قاعدة لها دائرة تحصل الخط  
البريى المستعمل كثيرا فى الفنون

ولنفرض ان نقطتين يسيران فى زمن واحد من نقطة ش احدهما على  
ضلع ش ك من المستطيل (شكل ١) والاخرى على مائل  
ش ك ونفرض ايضا ان هاتين النقطتين يمران فى زمن واحد بنقط ح خ  
اولا وبخط ر ض ثانيا وبخط ط ع ثالثا وهكذا فيحصل  
لما بمقتضى خاصية الخطوط المتناسبة هذا التناسب وهو

ش خ : خ غ :: ش ص : ض ض :: ش ع  
: ع ع وهكذا

فاذن تبعد النقطة التى تتبع اتجاه مائل ش ش من قاعدة ش ك  
بكميات خ غ و ض ض ض و ع ع الخ مناسبة للبعد بين ضلع  
وش و اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ  
وبناء على ذلك اذا ادركنا حول الاسطوانة احد اضلاعها كضلع ش و  
وكان هنالك نقطة سائرة على طول هذا الضلع بحيث تكون المسافات المقطوعة  
بالنقطة والضلع المذكورين متناسبة فان النقطة المذكورة ترسم خطا برييا  
او حارونيا كالخط المرسوم فى (شكل ٣) فحينئذ يكون الشكل الحارونى  
حادثا من النقطة التى عند دورانها حول المحور تسير فى الجهة الموازية لذلك  
المحور بالنسبة للكمية التى تدورها حول المحور المذكور

وبناء على ذلك يمكن الخراط ان يرسم شكلا حلزونيًا على اسطوانة بواسطة آلة قاطعة تسير بالتوازي للمحور وبالنسبة للكمية التي تدورها الاسطوانة حول المحور المذكور وببناء عليه ايضا ينبغي في كل دور من الاسطوانة لاجل رسم الشكل الحلزوني ان تكون آلة الخراط سائرة على طول واحد وهذا الطول المتساوي من جميع جهاته هو المسجى بخطوة الخط البريمي او الحلزوني فاذا ان تكون مسافة الادوار المختلفة للخط البريمي او الحلزوني المتبسة على كل ضلع ملازمة لحالة واحدة وهي الخطوة الحلزونية

ولنفرض (شكل ٢) انه بواسطة الطبع او غيره نستخرج صورة من (شكل ١) بمعنى اننا صنع شكلا ثانياً مما تلالا الاول ونثنيه على اسطوانة (شكل ٤) المساوية لاسطوانة (شكل ٣) فيحدث شكل حلزوني متجه اتجاها مضادا لاتجاه الشكل الحلزوني المتقدم في (شكل ٣)

وحلزون (شكل ٣) هو الدائر جهة اليمين وحلزون (شكل ٤) هو الدائر جهة الشمال ومتى كانت الاسطوانتان المتقدمتان متساويتين كما في شكل ٣ و ٤ وكانت خطوة البريمة ملازمة لحالة واحدة فان الحلزون الدائر جهة اليمين يكون مما تلالا للحلزون الدائر جهة الشمال

\*(بيان شكل البريمة الحلزوني)\*

وعوضا عن ان ندير نقطة واحدة حول المحور يمكن ان ندير حول هذا المحور اي شكل مستو كمثلث (شكل ٥) او مربع (شكل ٦) فعلى ذلك نرسم سطوحا يمكن ان تكون مجوفة او محدبة على اسطوانات يمكن ايضا ان تكون مجوفة او محدبة ويطلق اسم البرمات على المجوفات او المثلثات الحلزونية الشكل المتكونة من دوران مثلث او مربع حول الاسطوانة سواء كان ذلك المثلث او المربع مجوفا او محدبا وهذا المثلث او المربع يسير على سطح الخط البريمي مع ملازمته لصورة مولده في وضع واحد بالنسبة لآثاره في البريمي ولا يتجه محورا الاسطوانة

ويطلق اسم البريمة على اسطوانة **أ ب ش د** (شكل ٥ و ٦) التي تحتوى



على البرمة فوق سطحها المذهب ويطاق ايضا اسم بيت البرمة على الاسطوانة  
المجوفة التي لها برمة حلزونية الشكل محفورة في سطحها الجوف

فاذا كان هنالك اسطوانتان قطرهما واحد وكان الحائزون المتقدم هر سوما  
على محيطيهما ورسمنا فيه بعد ذلك مولا البرمة فانه من حيث كون احدهما  
شدية والاخرى مجوفة يحدث من ذلك برمة ويبتها ويكونان متحدين في البرمة  
والخطوة فاذن نقول انه يمكن ادخال البرمة في بيتها بان نجعلها تسير وتدور  
في ان واحد بدون ان تترك شيئا من الفراغ بينها وبين بيتها وبدون ان يتقص من  
حجمها شي في سائر الجهات

واذا فرضنا اننا نبدأ بادخال طرف البرمة المذبذبة من البرمة في طرف البرمة  
المجوفة من بيت البرمة فان اسطوانتي البرمة ويبتها يكونان منتظمين بحيث  
يكون محوراهما على خط مستقيم واحد فاذا تقرر هذا فان احدى  
الاسطوانتين متى كانت ثابتة فان الاخرى تدور بحيث تسير كل نقطة من برمتها  
بالتوازي للمحور وبالنسبة لكمية التي تدور بمقدارها وعلى حسب النسبة  
المعينة بانحناء انطاس البرمعي المستعمل مولا للبرمات فبذلك ترسم الصورة  
المانية من سطح البرمات المذبذبة سطح البرمة المجوفة فاذن تكون البرمة المذبذبة  
بتمامها في المجوفة من غير ان يكون بينهما فراغ وهذا هو حركة البرمة في بيتها  
وقد صنعوا بطريقة هندسية مع الاهتمام بالبرمات المثلثة والمربعة ليتيسر  
لتلاميذ ان يفهموا على حقيقة مساقط (شكلي ٥ و ٦) وهذا هو اعظم  
ما يترنون به في العمليات الهندسية

وكما انه يوجد نوعان من الحائزونيات احدهما يدور جهة اليمين والاخر جهة  
الشمال يوجد ايضا نوعان من البرمة ويبتها احدهما يدور جهة اليمين والاخر  
جهة الشمال ومن المعلوم انه لا يمكن ادخال البرمة الدائرة جهة اليمين في بيت  
البرمة الدائرة جهة الشمال وان البرمة الدائرة جهة الشمال لا يمكن  
ادخالها في بيت البرمة الدائرة جهة اليمين

والبرمات استعمال في الفنون غيره منقطع فانما سارة تستعمل لتحويل حركة

مستقيمة الى حركة مستديرة وتارة تستعمل لعكس ذلك كما ستعرفه عند الكلام

على الآلات في المجلد الثاني من هذا الكتاب

ولنبه كما في (شكل ١) على ان خطوة  $\overline{وا} = \overline{اب}$  الخ من البريمة

يمكن ان تكون صغيرة جدا بالنسبة لطول  $\overline{ش ك}$  من محيط الاسطوانة

وعلى ان مثل  $\overline{ش ك ش}$  يحدث مقياسا مرابعا من اجزاء  $\overline{خ غ}$

و  $\overline{ض ضه}$  و  $\overline{غ غ}$  الخ التي نسبتها لبعضها  $١ :: ٢ :: ٣$

وهلم جرا وهو سلم مشابه للسلم الذي تقدم ذكره في الدرس الخامس (شكل ٥)

فاذا كان محيط القاعدة دالا على اجزاء  $\overline{ش خ}$  و  $\overline{خ ض}$

و  $\overline{ض ع}$  الخ المتساوية لزم ان يكون الخطأ البين في هذه الاطوال قليلا

بالنسبة لارتفاعات  $\overline{خ غ}$  و  $\overline{ض ضه}$  و  $\overline{ع ع}$  وهلم جرا

\*(بيان اجراء العملية)\*

قد اكتسبت الصناعة في الخاصة الهندسية المتقدمة مبلغا عظيما بالنظر

لتقسيم الخطوط المستقيمة الى اجزاء متساوية تقسيما صحيحا بواسطة البريمة

ولنقسم قاعدة  $\overline{اب}$  (شكل ٧) الى اجزاء متساوية قسمة صحيحة

ونفرض ان خطوة بريمة  $\overline{م ن}$  التي محورها مواز لخط  $\overline{اب}$  يكون

مقداره عشر محيط الاسطوانة المنصل على البريمة المذكورة وان مقدار

نصف قطر هذه القاعدة يبلغ عشر نصف قطر مسطح  $\overline{ح خ}$  المستدير

المنقسم محيطه الى عدة اجزاء متساوية ونفرض ايضا ان الخطأ الناشئ عن

تقسيم مسطح  $\overline{ح خ}$  يبلغ حراما من الف من متر وهذا الايتأقي في العمليات

المضبوطة فيكون محيط مسطح  $\overline{ح خ}$  اكبر من خطوة البريمة مائة مرة

وكل دور من ادوار  $\overline{ح خ}$  لا يمكن ان يقدم شاخص  $\overline{ش ص}$

المجذوب بهذه البريمة ولا يؤثره الا بمقدار خطوة واحدة فاذا لا يكون الخطأ

الحاصل على المسافة التي يقطعها الشاخص الاجزاء من مائة من الخطأ

السابق في تقاسيم دائرة  $\overline{ح خ}$  فاذا لم يتجاوز الخطأ الحاصل على  $\overline{ح خ}$

جراما من الف من متر فلا يمكن ان يتجاوز الخطأ الحاصل على  $\overline{اب}$  جراما من

مائة من ملية تراعنى انه لا يحيا وزطولا اقل من الطول الذى يعرف مقداره بمزيد  
الالتفات وامعان النظر

واذا ادركنا دائرة  $\overline{ح خ}$  بحيث يكون الدليل الثابت الذى هو  $\overline{ز}$   
مقابلا بالنحو الى التقاسيم القريبة جدا من هذه الدائرة وهى ١ و ٢  
و ٣ الخ فالتقسيم مستقيم  $\overline{أ ب}$  الى اجزاء صغيرة جدا بحيث لا يدرك  
ما بينها من الاختلاف فى التساوى وقد تكون الاكآت المعدة لتفصيل البريمات  
متناسبة على حسب النسب التى يلزم جعلها بين التقاسيم الطولية لخط  $\overline{أ ب}$   
وتقاسيم دائرة  $\overline{ح خ}$  وينبغى ان نبين للتلاميذ تلك الاكآت يسانا  
شافيا فتقول

تختلف البريمات كثيرا على حسب شكل البرمات فتارة يكون قطع البرمة  
العمودية على الحزيرن المولد مثلثا متساوى الاضلاع وتارة يكون من بعاد وهذا  
هو الذى يحدث عنه البريمات ذات البرمة المثلثية (شكل ٥) والبريمات  
ذات البرمة المربعة (شكل ٦)

وتستعمل البريمات لتقريب القواعد والاسطوانات المتوازية من بعضها  
اولا بعادها بحيث لا يحصل تغير فى نوازيها ولتصور الان بريمتين متساويتين  
تكون كل واحدة منهما فى طرف اسطوانتين موضوعتين وضعا منتظما بحيث  
اذا ادركنا البريمتين بجهلان محورى الاسطوانتين قريبين او بعيدين من  
بعضهما فاذا ادركنا البريمتين بكمية واحدة فان الاسطوانتين يقربان او يبعدان  
من بعضهما على حد سواء لكن المسافة المقطوعة بالدليل الثابت فى كل برمة  
يمكن ان تكون اكبر من خطوة البرمة بمقدار ١٠٠ و ٢٠٠ و ٣٠٠  
وحينئذ لا يحدث عن المسافة المقطوعة بالدليل لاجل ابعاد الاسطوانتين  
او تقريهما من بعضهما الا ١٠٠ او ٢٠٠ او ٣٠٠ وهو اقل من  
الخطوة المذكورة ويعلم من ذلك تنظيم بعد الاسطوانتين مع غاية الضبط ولهذا  
فى كثير من العمليات اهمية عظيمة تتعلق بالصناعة  
ويمكن اجراء عمليات اخرى من هذا القبيل لقياس الاطوال او جوبها مع غاية

الضبط الذي لا يمكن الوصول اليه بمجرد حاسة البصر ويظهر في هذا المعنى من صناعة الآلات النظر وعلم الهندسة امثلة بجهة ناشئة من استعمال برميات التجاذب

فإذا كان المطلوب جعل آلة لها ثلاثة ارجل اواربعة بحيث يكون سطحها مستويا فالتاثير لجعل تحت كل واحدة من هذه الارجل برمية تجاذب تديرها مع التدرج يميناً او شمالاً على حسب الخفض الارتفاع الارتفاعها من جهة احدى هذه الارجل فبذلك تقرب الآلة من الوضع الحقيقي بدرجات دقيقة جداً وهذا اتفق في المسكان اللازم وقوفهم فيه مع غاية الضبط وهناك برميات تجاذب في الآلات ذات الانعكاس تستعمل لاجل وضع المراة في وضعها الحقيقي وبرميات اخرى لتقريب بعض اجزاء من الآلات من بعضها والافصلها عنها وغير ذلك

وقد يرى في الامور الطبيعية عدة نباتات سارية على صورة شكل حلزوني ترتفع حول اسطوانة منتصبة كخزخ شجرة كبيرة او صغيرة او حول وتد بسيط فترسم شكلاً حلزونياً وفي بعض الاحيان يتفرع عن النبات اغصان طويلة جداً متعلقة بنقط الارتباط المتفرعة هي عنها بواسطة الياض تنثني على صورة شكل حلزوني وقد يكون في النباتات والاشجار عروق باطنية ملتفة ايضا على صورة شكل حلزوني وهناك عدة نباتات فروعها واوراقها وثمارها خارجة عن الفرع الذي يحملها على حسب اتجاه حلزوني

\*(بيان اجراء العمليات)\*

قد يستعمل في الفنون تلك الاشكال الحلزونية الموجودة في النبات اما لاجل ربط الاجسام او ادخالها في بعضها

فمن ذلك ان ارباب الجراحة اذا ارادوا الف عصابات على اعضاء صورتها تقرب من شكل الاسطوانة كالاصابع والسيقان والاذرعة فانهم يلقونها بعصابات يكون اتجاهها حلزونياً ليستروا بالتدرج مسافة من العضو اعرض مما تسترته العصابة التي يسهل بعد ذلك امساكها بايدي رباط

وسنتكلم تفصيلا على الخوايز والمناقب وبريمات فتح السدادات عند الكلام على الخواص الميكانيكية للبريمة والخار بور في المجلد الثاني في مجت شرح الآلات

\*(بيان الاعمدة الملتفة)\*

يتراى لسان بعض جذوع الشجرة التي اذا التف حولها غصن من نبات القسوس التفافا حلزونيا يحدث عنه انضغاط بحيث لا يمكن تجسيم الجذع الا بين ادوار هذا الحلزون ويتشكل بشكل البريمة ذات البرمة المربعة وهذا هو ارنيك الاعمدة الملتفة (شكل ٨) وهي اعمدة غير ساذجية وليس لها متانه الاعمدة العادية وبسبب ذلك لا تعجب الاضعفاء العقول واظرف زينة جديدة بالفنون المستطرفة هي اكايل الازهار التي تلتف التفافا حلزونيا حول اعمدة منتظمة او حول أبواب خفيفة تلبسها العذارى لاجل الزينة في المواسم والرقص ولترجع الى ما كنا بصدده من العمليات النقية فنقول

\*(بيان الامبيق الملتوى)\*

الامبيق هوالة (شكل ٩) مضاهية من حيث شكلها البريمة فتح السدادات الا انها مخوفة وغير مصمتة وهي حادثة من حركة دائرية يجوب مركزها خطا برميا ويمت مستويا عمودا عليه فاذا تصاعد السائل بالتقطير ومرت في الملتوى المنغمس في برميل مملوء بالماء فان البخار يتكاثف ويصل الى اسفل الملتوى ويستحيل الى مائع مبرد ثانيا وبهذا الوجه يتكاثف العرق وغيره من الارواح المتحصلة بالتقطير

وقد يصنع كل من صانع الحصر وهاذر البرانيط المتخذة من الخوص اسطوانات (شكل ١٠) من الضفا الرقيقة المسطحة التي اذا اتحدت كلها من جميع جهاتها دلت على راقات ١١ - ب - ب - ث - ونحو ذلك (شكل ١) واذا التفت الراقات على صورة محيط الاسطوانة وخيطت بجانب بعضها ضلعا بضلعه فانه يحدث عنهما مع الاحكام سطح اسطواني ويمكن

باستعمال مثل هذه الطريقة ان تصنع ايضا مستويا ومخروطا وكرة بان نشد  
قليل احد طرفي الضفيرة ونضيق قليلا الطرف المقابل له  
وكما اضافت الضفيرة ولزم شد احد اضلاعها ونضيقه قرب السطح المصنوع  
من الصورة الدقيقة المطلوبة \* واستكمال صناعة البرانيط الطريقة المتخذة من  
الخوص يبلاد فلورنسة مخصص في التسوية بين الضفائر في الانساع ومتانة  
الضفر وقلة عرضها ودقة الخوص وحسن منظر النسج المنتظم  
ويستعمل كثير اصناعات الآلات والسيارات ذات الشكل الحلزوني التي سنبين  
ما ينشأ عنها من الفوائد عند ذكر مرونة الاجسام ومن هذا القبيل  
ياي العربات

وهناك اشخاص يلتفت شعرها طبيعية على شكل حلزوني ومنهم من يجعل شعره  
ضفائرا ويلفقه على اسطوانة حادة صغيرة القطر او يطويه على صورة حلزون  
ويضعه في غلاف من الورق يسمى ملفا ويحصره بين ماشة من الحديد محماة  
فتزيل حرارتها الرطوبة التي تكون في الشعر وتساعد في ارتخائه وتجعله  
مسترسلا على صورة خط مستقيم ويحصل له بسبب الضغط انحناء حلزوني  
يحتفظ بتجميده زمنا طويلا على حسب طبيعته وحالة الجو  
والغرض من فن تزيين الرأس وتحسينها المسمى عند العامة بالسبسة وكذلك  
فن التصوير في صورة ما اذا اريد جمع خصلة شعر على هيئة مستحسنة هونهم  
الشعور وجعلها على صورة اشكال حلزونية ثم جعلها ضفائرا وغدا ترتد مع  
بعضها بحيث يحدث عنها مجموع يلائم ما هو مطلوب من الزينة ويلابم ايضا  
هيئة الشخص الذي يتزين بهذه الكيفية ومن هذا القبيل اغلب زينات اليونان  
والرومان فان الاشكال الحلزونية موجودة عندهم في هذا المعنى على  
احسن وجه واثم نظام

وهانحن شارعون في ذكر نوع من الحلزونات اهم من اغلب ما ذكرناه من الامثلة  
وهو الخيوط والحبال فنقول  
قد يصنع لاجل النسج والحبال خيوط رفيعة او غليظة من التيل والكتان

ومن ليف بعض الائمجار ونحو ذلك ويستعمل لذلك ايضا الشعر النباقي اى القطن وكذلك الصوف وغيره من شعور الحيوانات ويلزم قبل صناعة الخيوط ان تجعل خيوط اول مادة متوازية بواسطة المشط او الشبنة وتقسما الى اجزاء رفيعة جدا ومتساوية بقدر الامكان فى الغلظ والطول

### \*(بيان غزل التيل والكتان)\*

يستعمل فى هذا الغزل اولا المغزل وكيفية ذلك انه بمجرد الخيط يلف على المغزل ثم يشبك على السارة التى فى رأس المغزل بطرف القنلة وتبرم الغزالة طرف المغزل باصبعها برمة قوية فتصل قوة البرم الى جزء الخيط الذى لم يلف على المغزل وهو جزء غلظة الغزالة بان تجذب بيدها اليسرى الخيوط المتوازية من الركة فتتشكل هذه الخيوط بشكل حلزوى

ولما كان المغزل ابداً جميع آلات الغزل اقاموا مقامه دولاباً بسيطاً (شكل ١١) فيحركه الغزال بيده او رجليه فبجهد قتل الخيط يلتف على المغزل الذى هو فى الحقيقة مغزل ميكانيكى ويحصل البرم بنفس الدولاب وليس على الغزال الا جذب الخيوط المتنوعة من الركة ليجمعها منتظمة فى وضع يصلح لان يحدث عنه خيط متحد الغلظ من جميع جهاته وذلك ان الخيط يلف على الدولاب المذكور بواسطة الاجنحة (شكل ١٢) ذات كلاليب وتكون هذه الاجنحة ثابتة على محور م د الذى يمر من خلال المغزل او الاسطوانة المتخذة من الخشب مثل وضه وعليه يلتف الخيط ثم تسير الاسطوانة بحيث تكمل الدور فى اسرع مما تكمله الاجنحة بمعنى انها تستغرق زمناً اقل من الاجنحة ولهذا كان الخيط الذى يلتف على الاسطوانة يجذب بالاسطوانة المذكورة ويلتف عليها مع التدريج

ولاجل الوقوف على حقيقة ذلك نفرض ان الاسطوانة تحدث خمسة ادوار كاملة وقت أن تحدث الاجنحة اربعة ادوار فانه يلزم ان الخيط يلتف دوراً كاملاً حين تدور الاسطوانة خمسة ادوار والاجنحة اربعة وهذه الادوار المختلفة

تحدث عن الطارة الكبيرة لدولاب و ا ب (شكل ١١) فينتد تكون  
نسبة قطري طارقي م د و ع غ لبعضهما كنسبة ٤ : ٥  
وكل من حبل ا م د ب و ا ع غ ب المشدودين على حلق  
الطارقين الصغيرتين والطاردة الكبيرة يقطع مسافة واحدة على حلق ا ب  
بخلاف ما اذا دار الحلق فان دولاب م د يدور خمسة ادوار حين يدور  
ع غ اربعة وهذه هي النسبة التي يلزمنا اثباتها وقد خلت قرون عديدة قبل  
ان يخترع الناس هذه الآلة التي يوجد فيها ابتدعه المتأخرون ما يفوقها  
ويعلو عليها

\*(بيان غزل الصوف والقطن)\*

كيفية ذلك ان يصنع الابل بواسطة الكردات طرحات متسعة متحدة في العرض  
والدقة ثم تمتد فيحدث عنها سلب على شكل الاشرطة الضيقة يستحيل  
بواسطة برمة خفيفة الى استجابة ثم تؤخذ هذه الاسحنة وتبرم باليد او بالآلة على  
التسديد يربح بجانب بعضها بحيث يلتف بعضها على بعض كلما دخلت  
في الاسطوانة المسماة شلندرا حتى تكون متساوية في البرم بمعنى اثنا برمها  
برما يكون متحدة في سائر جهاتها كجوام الخيوط المبرومة وذلك ليكون الخيط  
متساوي الغاظ من سائر جهاته ويحدث عن كل خيط في هذه البرمة المستمرة  
شكل حلزوني يسمى عند ارباب هذه الصناعة بالقانوس يكون محوره نفس  
محور الشلندر الذي يرسمه الخيط في نزوله

واما الدولاب العادي المستعمل لغزل القطن فانه يتركب من طارة كبيرة  
مثل و ا ب (شكل ١٢) ومن قضيب يعرف عندهم بالمردن له  
بكرة صغيرة مثل ث د ومن طرف متواصل مثل ا ب ث د فيتلقى  
هذا المردن الخيط كما يتلقاه المغزل ويمتد الخيط المذكور على هيئة السحب  
في الجزء الذي لم يصل اليه البرم وتضغط الغزاة هذا السحب على بعد مناسب  
من المردن وتدير يدها طارة ا و ب الكبيرة وهي قابضة بالآخرة على  
السحب وتمتد ليبعد عن المردن فان حركة الدوران اذا وصلت من الدولاب



الى السحب يبرمه فيحدث عنه خيط تكون مباديه مخبئية على صورة شكل  
حازونى ويتوقف برم هذه الحازونات على حالتين احدهما سرعة طارة اوب  
السايفة والثانية البطى الذى يتدبه سلب الكاردة ومتى صار جزء من السحب  
خيطا غلظه وبرمه مناسبان فان الغزاة تعكس دوران الدولا ب قليلا ليكن  
الحازون المصنوع من الخيط على طرف المردن ثم تضع الخيط المذكور فى اتجاه  
عمودى على محور المغزل وتدبر الدولا ب على عكس الحركة الاولى فيلتف  
حينئذ الخيط على المغزل عوضا عن ان يبرم ويتكون عليه عدة حازونات  
فيتراى حينئذ ان العملية بالطريقة الميكانيكية هي عين العمليات التى تجرى  
على مغزل الغزاة البسيط

وقد اقيم مقام برم المغزل عملية ميكانيكية وهى ابدع ما ظهر من الالات  
الجديدة الصالحة للغزل وكيفيتها ان توضع الطرحات الحقيقية بعد خروجها  
من الكاردات بين زوجين من الشلندرات المتوازية المرتبة على وجه بحيث  
يدور الزوج الاول منها اقل من الزوج الثانى والثانى اقل من الثالث  
وهكذا فان تمتد الطرحات بين الأزواج الثلاثة من الشلندرات ثم تقبض  
وتنكمش وحين تمزجلة من الشلندرات مركبة كالاولى من ثلاثة أزواج  
شلندرية يبرم ثانيا السلب المتخذ من القطن والصوف ثم يلف على المغزل

فاذا تم ذلك نضع بجلة من المغازل على محاور قائمة منتظمة الترتيب على  
دولا ب يقوم بجميع وظائف الغزاة لما انه يسحب الخيط ويبرمه ويلفه على  
المغزل ويتحصل السحب المذكور هنا من ثلاثة أزواج من الشلندرات مختلفة  
السرعة فن ثم يلتف الخيط على مغزل ذى جناح كالدولا ب العادى وهذا  
ما يسمى بالدولا ب المتواصل لان المغزل يتحصل عليه بحركة واحدة  
مستمرة

واما الدولا ب المسنن ميسل يونيه الذى على هيئة النول الذى تقدم ذكره  
فى الدرس الثانى فان السحب فيه ليس مقصورا على مجرد سرعة الجلب بل يكون  
ايضا على حسب تقريب المغازل التى يلتف عليها الخيط وابعادها على

التعاقب من السندرات فاذا تباعدت المغازل عنها كانت الخيوط مسهوبة  
بخطاف ما اذا قربت فانها تلف عليها ويحصل برمهامق بلغت المغازل نهاية  
سيرها

ولدولاب الغزل الغليظ من المغازل ١٠٨ بخلاف دولاب الغزل الرفيع  
فان له ٢١٦ مغز لا يديرها علم الدولاب ويكون بمعينه مساعدان من  
الوصالين لاجل ملاحظتها

فقطي هذا ك في ثلاثة اشخاص لعمل عدة خيوط كانت قبل ذلك تستدعي  
٢١٦ غزلة تغزل بالمغزل او الدولاب ويتصل كل خيط في اقل مما كان  
يستغرقه البرم بالصانع الغزلة فهذه هي القائدة العظيمة الناشئة عن عمليات  
الهندسة في صناعة يجلة خيوط اسطوانية متعددة القطر اتحادا تاما من  
الالياف النباتية التي على شكل الحزون

ويعلم التلامذة هذه العمليات اما باطلاصهم على الدواليب العادية او على  
دواليب الغزل التي على هيئة الانوال اذا امكن ذلك

ثم ان الحرير عند تولده من الدودة يكون مشنبا بصورة حلزون على سطح دوران  
يسمى بجوزالتهز واول عملية فيه يكون الغرض منها امتداد خيوط جوزالتهز  
المذكور وطيه على مكبة ثم يبرم بسيرا عند طيه على المكبة الثانية فاذا تم على  
الخيوط بهذه الطريقة فانها تبرم من جهتها الاولى بحيث ان جميع النقط التي  
كانت قبل البرم على هيئة خط مستقيم فوق سطحها الاسطوانى تصير على  
صورة شكل حلزوني ثم تجمع هذه الخيوط مشنبا وثلاث ورابع مع برمهاتانيا  
على عكس البرمة الاولى وبهذه البرمة الثانية ينصل جزء من الاولى وتنتهى  
الخيوط على صورة شكل حلزوني بجوار بعضها ويسمى الحرير في هذه الحالة  
باسم الحرير المبروم

ثم ان العملية التي ذكرناها انما تشبه العملية التي ينبغي اجراؤها في صناعة  
الحبال المتخذة من التيل

فبواسطة برمين مختلفين تستند اجزاء كل خيط في جهة حتى ان الخيوط المشنبة

على شكل حاروفي تشند في جهة مخالفة للاولى وينتج عن التخلل المتماثل  
بين البرمين المذكورين ان الخيوط بانواعها لا تتخل كثيرا عند الضغط عليها بقوة  
اخرى عارضة ولا يمكن أن ابسط الكلام هنا في هذا الشأن لتعلقه بالعلوم  
الميكانيكية وخروجه عن الاصول الهندسية

ويصنع من التيل حبال رقيقة يقال لها فلاصة يبرم بكل منها على حدة  
في جهة واحدة ثم تبرم عدة منها معا في الجهة المقابلة للاولى ليتكون منها  
حبال بسيطة تسمى بتوتا وبعد ذلك يبرم منها اثنان او ثلاثة اواربعة في الجهة  
المقابلة للثانية اعني في نفس جهة برم الحبال الاول الرقيقة ليتكون منها  
ما يسمى بالكردونة ثم تبرم هذه الكردونات في الجهة الثانية ثلاث اوارباع ليصنع  
منها ما يسمى بالغومنة ثم تبرم هذه الغومينات ثلاث اوارباع ايضا ليصنع منها  
ما يسمى بالغومينات الكبيرة

وتبرم قلوب الغلابين وتصنع من الغومينات وكذلك الروابع وحبال المنثورات  
الجارية في السفن فانها تصنع من حبال الكردونة  
وقد ابتدع الانكليز طرقا دقيقة لطيفة في اجراء عملية قتل الخيط والحبال  
بواسطة آلات ودواليب وقد نتج عن الانتظام الهندسي الحاصل في حركات  
هذه الآلات ثمرات عظيمة فان هذه العملية المستكملة يكنى فيها التحصيل القوة  
الاولى ثلث المواد التي كانت تلزم لغيرها من العمليات السابقة بل واقل من  
الثلث وهذا على حسب غلظ الحبال ونوعها وما ذكرناه كاف في بيان ما ترتب  
على تبديل العمليات التي كانت بمحض اليد وكانت ثمرتها انما تحصل بالصدفة  
والاتفاق بطرق علمية من الفوائد المحققة الجسدية والثمرات العظيمة

وعلى ارباب معامل الحبال ان يبذلوا جهدهم في مطالعة كتب علمية تتعلق  
بهذه الطرق الجديدة التي من فوائدها تقايل المصاريف والعمل وحصول  
ثمرات اتم وانجح مما كان سابقا من سائر الوجوه (راجع الجلد الثاني عند  
ذكر الآلات

وهذا اوان الكلام على انواع السطوح المعوجة المستعملة كثيرا في العمارات

المدنية والبحرية وكذلك في تركيب الآلات ولا تعرض من ذلك الاليسان  
السطوح الحلزونية المتولدة من حركة خط مستقيم اوقوس اى دائرة  
كانت

\*(بيان السطوح الحلزونية المستعملة في السلام)\*

من السطوح المختلفة المعوجة التي سبق ايضا حها في الدرس العاشر  
السطوح التي تكون على صورتها السلام المنعطفة الدائرة وهى السطوح  
الحلزونية

فقد يكون السطح الحلزوني من السلم الذى دورته مستديرة متكونا من حركة خط  
مستقيم افقى مستندا احد طرفيه على محور الدائرة المستعمل حنية للسلم  
والطرف الاخر منه مستند على حلزون مرسوم على حسب المحيط الداخلى  
من الدائرة

فاذا كان ارتفاع درج السلم واحدا كان عرضها بالضرورة واحدا متساوى  
البعد من المركز على ذلك اذا كان ا ب ث (شكل ١٤) هو الدائرة  
الدالة على قاعدة الاسطوانة التى هى حنية السلم فان كل دائرة مرسومة من  
مركز واحد كالاولى تقسم الى اجزاء متساوية بالمسقط الافقى لدرج السلام

\*(بيان السطح الحلزوني لبريمة المهندس ارشيدس)\*

سطح السلم الحلزوني الذى على هيئة دائرة مستديرة هو عين بريمة ارشيدس  
وانما سميت بذلك لان هذا المهندس الماهر هو الذى اخترعها وسد بين مع  
مزيد الاعتناء العملية التى اجريت فى شأن هذه البريمة لرفع المياه عند ذكر آلات  
رفع المياه (راجع الجلد الثالث)

وقد انتهرت الفرصة فى صناعة بريمات ارشيدس من الخشب وهامى  
الطرق التى استعملتها فى ذلك

وحاصلها انى قسمت اول المحيط ا ب ث (شكل ١٩) الى عدة اجزاء  
متساوية بقدر قطع الخشب التى اردت استعمالها فى صناعة دور كامل من  
الشكل الحلزوني

ثم قطعت منشور مربع قاعدة د ث وهي قطاع الدائرة المذكور حتى انتهى  
الاجراء المتساوية المصنوعة بالطريقة السابقة على الوجه الاسطواني الذي  
مسقطه الافقي د ث ومددت خطا مستقيما مثلا في اتجاه الخط البرمقي

الذي يرسمه السطح الحازوني على اسطوانة أ ب ث د  
وقسمت نصفي القطر اللذين هما ود و و ث الى اجزاء متساوية  
وهي د د و د ح و ث ث و ث ح ثم نشرت بمنشار ثابت  
دائما على بعد واحد من تقطعي ث و د قطعة الخشب المربعة بحيث  
ان خط المنشار ينتهي الى نقطة د على القاعدة العليا من القطعة المذكورة  
حتى انتهى ذلك الخط الى نقطة ث على القاعدة السفلى وان الخط المذكور  
ينتهي ايضا الى د و د على القاعدة العليا حتى انتهى هذا الخط الى  
نقطة ث و ث على القاعدة السفلى فيكون كل من حطى المنشار ضلعا  
للمضلع الذي هو محيط المنحنى الحازوني المرسوم على السطح الحازوني المطلوب  
تحصيله

وازالت على التوالي الاخشاب الزائدة بفارة رقيقة جدا لاجلها مستدير  
ونابذة دائما على وضع افقي ولا تقف الاعلى حز المنشار المذكور في د  
وعلى الخط القائم في نقطة و لتصل الى السطح الحازوني الاعلى من بريمة  
المهندس ارشيدس

وبعد ذلك وضعت في جميع الجهات اوجه الالتحام على وجه عمودي  
في ود و و ث مع الوجه الاعلا ثم مددت على اوجه الالتحام  
وعلى محيط ث د خطوطا مستقيمة متساوية من اسفل الخطوط التي تتحدد  
الوجه الاعلى من البريمة الى اعلاها وبذلك امكنني عمل الوجه الاسفل  
بواسطة الطرق التي استعملتها في عمل الوجه الاعلا

ولننبه هنا على ان المسطرة المثنية بلا قوة على محيط أ ب ث الاسطواني  
بحيث تمر بنقطتي ث و د ترسم بواسطة محيطها قوسا كاملا من الخط

الحلزوني او من البريمي وذلك هو الواسطة في ضبط الطريقة التقر بنية التي سبق ذكرها ضبطا تاما ولا بد في ذلك من ان ننشر بالمشار كثيرا من الخطوط الافقية التي تنتهي من جهة عند محور و ومن اخرى عند الخط البريمي المرسوم بالمسطرة الثنية

وينبغي لنا التنبية على ان الالتحامات المصنوعة على وجه عمودي مع السطح الحلزوني هي في حدود اتهام بادي السطح الحلزوني وعلى ان السطوح الاخيرة ترسم على الاسطوانات ذات القاعدة المستديرة خطوطا بريمية تقطع الخطوط البريمية التي رسمتها السطوح الاولى الى زاوية واحدة

واذا اريد ان اعلى القطع التي يتركب منها القلبة الحلزونية يكون له شكل كشكل السلم لزم ان يعين الوجه الاعلا وهو و شد على شكله المستوى الافقي والوجه المستقيم الخارجي وهو و د على شكله المستوى القائم وهذا اذا اقتصر ناعلى عمل سطوح الالتحام وسطح السلم الداخلي بالتطرق التي ذكرناها (راجع الدرس العاشر)

وفي الغالب عوضا عن ان نصنع سلما من مطفا ا ر د درجته تصل الى حنية و المصمتة (شكل ١٤) نحدد درجته في دائرة ا س ت (شكل ١٥) التي تدل في صورة ما اذا كانت افقية على حدود من الحشب او الخز بارزة من اعلا واسفل كل درجة وهي السلالم المتخذة من البريمات المنيرة

ويستحسن من هذا النوع عدة سلالم مصنوعة مع غاية الضبط في الفهوى الطريقة الموجودة بمدينة باريس وتلك السلالم التي لا مسند لها في الظاهر تدهش عقل الناظر بما هي عليه من الثبات والخفة

وهناك سلالم منيرة كما في شكل ١٦ ليست مستديرة الخنيان واياها كانت قاعدة ا ب ت د (سيأتي ما يزيد ان هذا الحرف الموضوع تحت الدال يدل على ان هذه القاعدة افقية) من لاسطوانة التي هي حنية السلالم نرسم دائما على محيط هذه الحنية خطا بريما او حلزوني يا تقدم جهة

محيط **اب ث** لا قد ما يناسب الكمية التي يرتفع بها ذلك الخط  
على وجه قائم ثم تمد من كل نقطة من هذا المنحنى خطوطاً اقمية كخط  
**ا ب ر** و **ث** الخ وعمودية على الاسطوانة التي قاعدتها  
**اب ث** ثم يجعل **ا** مساوياً **ب** ومساوياً **ث**  
وهلم جرا ونرسم **ا ر ث** الذي هو خط حلزوني أيضاً وهو المحيط  
الداخلي للبريمة المنيرة الحادثة عن السلم ولا تزيد الصعوبة في صناعة كل جزء  
من السطح الحلزوني أو السلم عما في (شكل ١٥ و ١٤)

وإذا اريد ان يجعل للسلم صلابة متينة فانه في الغالب عوضاً عن ان نرسم السطح  
الاسفل بواسطة خط مستقيم افقي مستند على محور حنية السلم وعلى شكل  
حلزوني مرسوم على طول الحنية ومتمم على عليهما معا فنحدد هذا السطح  
في الغالب بقوس دائرة كما في شكل ١٧ قطرها الخط الافقي المذكور  
الموضوع في مستوق قائم فيحدث عن هذه الكيفية سطح حلزوني ثابت  
القطع من جميع جهاته

وفي بعض الفنون يلزم ان تفصل سطوحاً حلزونية الشكل بدرجة على مخروط  
فالساعاتية بضيفون الى الاسطوانة او الملف الذي يحتوى على زنبك  
الساعات مخروطاً مفصلاً بهذا الوجه على شكل سلم حلزوني كما في شكل ١٨  
ويلفون سلسلة رقيقة مصنوعة صناعة جيدة من احد طرفيها على  
الاسطوانة بحيث تكون على خط بريعي ومن الطرف الاخر على السلم المخروطي  
فتعادل النسبة المختلفة التي بين قطر الاسطوانة وقطر المخروط في ارتفاعات  
مختلفة نقصان قوة الزنبك عند حله وبناء على ذلك ينتقل تأثيره بقوة لا تتغير  
وسياً لذلك فزيد توضيح عند الكلام على قواعد الآلات راجع الجلد الثاني  
من هذا الكتاب

## \* (في بيان تقاطع السطوح) \*

اذا تقاطع سطحان فان جملة التعاماتهما المشتركة بينهما تسمى تقاطع السطحين وهو ما خط مستقيم او منحن على حسب شكل السطحين او وضعهما ثم ان الاجسام التي تعينها اجزاء السطوح المناسبة في شكلها واتجاهها تحدث في حدود هذه السطوح خطوطا بارزة او داخلية وهي تقاطع السطوح المذكورة فلذا كانت الاضلاع القائمة من المنشور والهرم التي تفصل الواجه المختلفة فيهما هي تقاطع السطوح الحادثة من الواجه المذكورة

واما اذا قطع جسم جسم آخر او كان مغروسا فيه فان جزء سطح الجسم الاول يكون داخلا في الثاني ويكون ذلك الجزء الداخل منفصلا عن الجزء البارز بخط وهذا الخط ليس الا تقاطع سطح الجسم الاول والثاني

مثلا (شكل ١) قد يكون المنشور أ ب ح د ا ر ش د و م ن ح خ و م د ح غ اللذين يقطع احدهما الآخر خط تقاطع وهو محيط م د ح غ الذي يفصل الجزء البارز من الجزء الداخل في الجسم الثاني

وفي الهندسة الوصفية من القواعد السهلة ما يمكن في تعيين المسقط الافقي والمسقط القائم من تقاطع السطوح فينبغي للانسان ان يعتني بمطابقة تلك القواعد حتى يكون له قدرة على رسم تقاطع جملة من السطوح ولنتقصر في هذا الغرض على ايضاح زيد هذا العلم مبتدئين بذكر تقاطع المستويات فنقول

انه لاجل بيان تقاطع سطحى المسقط اللذين احدهما قائم والاخر افقي نقسم الورة الى قسمين بخط أ ب الافقي (شكل ٤) فالقسم الذي يكون في اعلاه هذا الخط يدل على المستوى القائم من المسقط والقسم الاسفل يدل على المستوى الافقي منه وهذا المستوى الاخير يكون في العادة مستوى الارض ومن ثم يسمى العامة تقاطع السطحين الذي هو أ ب بخط الارض



ولكي يصير الرسم تاما ينبغي ان نثني الورقة ثانيا عموديا فيكون خط **أ ب** عبارة عن اتجاه الانثناء ويصير الجزء الاسفل من الورقة اقلية والجزء الاعلى قائما ولا اقل من ان يلاحظ الانسان ذلك ذهنا ويذكر كنهه بداهة حين يرسم على المستويين المذكورين اجساما معلومة الوضع فن ترى تحت خط الارض مستوى العمارة وفوقه ارتفاعها مع ابوابها وشبابيكها وهلم جرا ومع كون الورقة المذكورة التي يرسم عليها المستوى والارتفاع المذكور موضوعة على طاولة افقية نفرض ان العمارة مرتفعة وانها قائمة وكذلك في صورة العكس وهي ان يكون رسم العمارة قائما بان يسير على حائط فان المستوى يكون افقيا ايضا اذا كانت الاشياء المرسومة عليه روضة صغيرة او بستانا او نحو ذلك وينبغي ان يعاين التسامد حقيقة المسقط الافقي والقائم للجحوم والسطوح والخطوط البسيطة المرسومة فوق خط الارض وتحتة ليرسموا ذلك على مقتضى ما عاينوه

ولاجل تعيين موضع اى نقطة توجد خارج مستوى المسقط تمتد من تلك النقطة خطين مستقيمين احدهما عمود على المستوى الثاني والاخر عمود على المستوى الافقي ثم نعين وضع موقع هذين العمودين على مستوى المسقط واذا اردنا اختصار طريقة الرسم وسهولة ادراكها وفرضنا ان نقطة **ح** هي النقطة الموضوعة في الفراغ المراد رسمها فاقان كنى بنقطة **ح** (شكل ٢)

عن مسقطها القائم بنقطة **ح** عن مسقطها الافقي واعلم ان هذين الحرفين وهما **ق** و **ف** الموضوعين في اسفل حرف واحد او عدة حروف يدل احدهما وهو اتفاق على المسقط القائم والاخر وهو الفاء على المسقط الافقي للنقط والخطوط والسطوح والجحوم الموز عليها عند الرسم بهذين الحرفين

ولنخر من نقطة **ح** (شكل ٢ و ٢ مكرر) الموضوعة في الفراغ بمستوى

عمودي على خط الارض الذي هو  $\overline{AB}$  فيصير بذلك عموديا على مستوي المسقط فيكون حينئذ مشتركاً على العمودين النازلين من نقطة  $\overline{C}$  احدهما على مستوى المسقط القائم والآخر على مستوى المسقط الافقي فاذا رجعنا مستطيلاً كما في (شكل ٢ مكرر) وكانت اضلاعه هذين العمودين وهما  $\overline{CH}$  و  $\overline{CH}$  اللذان هما تقاطع المستوى المحتوي عليهما مع المستوى القائم والمستوي الافقي تحصل معنا  $\overline{CH} = \overline{CH}$  و  $\overline{CH}$  وبالجمله فاذا ادركنا مستوى المسقط الافقي لينطبق على الورقة

المشكلة على المستوى القائم فانه في هذه الحركة لا يزال  $\overline{CH}$  و  $\overline{CH}$  عمودين على خط تقاطع مستويي المسقط وهو  $\overline{AB}$  وحينئذ لاجل ان يكون كل من نقطتي  $\overline{C}$  و  $\overline{C}$  (شكل ٢) مسقطاً قائماً ومسقطاً افقياً للنقطة واحدة على التناظر ينبغي ان يكون مستقيماً  $\overline{CH}$  و  $\overline{CH}$

عموداً على خط الارض المتقدم وهو  $\overline{AB}$  ثم ان جزء  $\overline{CH}$  من هذا العمود هو البعد بين نقطة  $\overline{C}$  والمستوى الافقي وجزء  $\overline{CH}$  هو البعد بين نقطة  $\overline{C}$  والمستوى القائم

\*(بيان مسقطي الخط المستقيم)\*

اذا حدثت عن تسلسل عدة نقط خط مستقيم مثل  $\overline{CH}$  فان سائر الاعمدة النازلة من النقطة المذكورة على كل من مستويي المسقط يحدث عنها مستوئالت يقطع كلام المستويين المذكورين في خط مستقيم فاذا كان هنالك مسقطان مثل  $\overline{CH}$  و  $\overline{CH}$  (شكل ٣) لنهايتي مستقيم  $\overline{CH}$  قبا اتصال نقطتي  $\overline{CH}$  و  $\overline{CH}$  بخط مستقيم يحصل معنا مسقطاً الخط المستقيم الذي هو  $\overline{CH}$  وهما حادثان عن تقاطع

## المستويات

ولاجل رسم مستويا بطريفة المساقط ينبغي ساولطريفة اخرى  
 وحاصلها ان المستوى المطلوب رسمه يقطع كلامن مستويي المسقط على حدته  
 في خط مستقيم ويقطعهما معا في نقطة م (شكل ٤) الموضوع على  
 خط الارض ويطلق اسم اثرى مستوى ح م ح على تقاطعيه وهما  
ح م و م ح بمستويي المسقط  
 ويكون وضع المستوى محددات تحديد تاما بوضع خطين مستقيمين يحتوي  
 عليهما فاذا ن يكون اثر المستوى كافيين في معرفة وضعه  
 ولنفرض الآن ان المطلوب تحصيل المسقط القائم المشار اليه بحرف ح  
 (شكل ٤) لنقطة ما كنقطة ح الموضوع على مستوى ح م ح  
 مسمى عرفنا المسقط الافقي وهو ح لهذه النقطة فيكون اولامسقطا ح  
و ح لنقطة ح موضوعين ضرورة على خط هو دى على خط الارض  
 فاذا مددناه ورسمنا من نقطة ح على مستوى ح م ح خطا افقيا  
 كان موازيا لاثر ح م الافقي فحينئذ يكون مسقطه وهو ح م موازيا  
 لمسقط ح م الان لنقطة م الموضوع على خط الارض وهو ام ب  
 لا تتسبب الان لنقطة م الموضوع على مستوى المسقط القائم فاذا ن يكون  
 خط م م م العمودى على اب محتويا على نقطة م التي مسقطها  
 الافقي م وهذه النقطة موضوعة على اثر م ح فاذا ن تكون في نقطة  
م فاذا مددنا خط م ح موازيا لخط ام ب فانه يبين على المستوى  
 القائم مسقط م ح وحينئذ يكون المسقط القائم من نقطة ح موجودا  
 في آن واحد على م ح وعلى ح ح فاذا ن يكون في نقطة ح التي

هي تمام المسطح المستقيمين المذكورين وبناء على ذلك تكون نقطة  $ع$   
 $ق$

هي المسقط القائم من نقطة مسقطها الافقي  $ع$   
 $ق$

فإذا فرضنا ان اثار  $مح$  و  $مخ$  و  $ض$  و  $ض ط$  للمستويين  
 (شكل ٥) معلومة وكان المطلوب معرفة تقاطع المستويين المذكورين  
 نقول اولاً حيث ان نقطة  $د$  مشتركة بين الاثرين القائمين فانها تنسب

للتقاطع المذكور وحيث انها موضوعة على المستوى القائم فانها تسقط  
 في نقطة  $د$  على خط الارض الذي هو  $ا ب$  وثانياً حيث ان نقطة  $هـ$   
 $ق$

مشتركة بين الاثرين الافقيين فانها تنسب لتقاطع المستويين المذكورين  
 وحيث انها موضوعة على المستوى الافقي فان مسقطها القائم وهو  $هـ$   
 $ق$

يكون موضوعة على خط الارض المذكور فتحصل حينئذ نقطتان للخط  
 المستقيم الذي يتقاطع فيه المستويان المذكوران وهما اولاً نقطة  
 $د$  وثانياً نقطة  $هـ$  وبناء على ذلك يكون مسقطا الخط  
 $ق$  و  $ق$

المستقيم الذي ينسب اليه النقطتان المذكورتان هما مستقيماً  $د هـ$   
 $ق$

و  $د هـ$  وهذا هو خط التقاطع المطلوب  
 $ق$  و  $ق$

\*(بيان مسقطي كثير الاضلاع)\*

يكون مسقطا كثير اضلاع  $ا ب ث د هـ$  (شكل ٦) المحدود  
 بخطوط مستقيمة مضاعين عدداً اضلاعها واحد وهما  $ا ب ث د هـ$   
 $ق$  و  $ق$  و  $ق$  و  $ق$  و  $ق$

$ا ب ث د هـ$  اللذان رأساهما المتقابلان موضوعان على خطوط  $ا ا$   
 $ق$  و  $ق$  و  $ق$  و  $ق$  و  $ق$   
 و  $ب ب$  الخ القائمة  
 $ق$  و  $ق$

وحيث ان تقاطع المستويين يكون دائماً خطاً مستقيماً مسقطاه مستقيمان  
 ايضاً ينتج ان الجسم المحدود باوجهه مستوية يكون كذلك محدداً باضلاع

مستقيمة وهى تقاطع الاوجه المذكورة ونبين هذا الجسم بان نرسم على الورقة  
الخطوط المستقيمة التى هى مساقط كل ضلع فتكون الرأس التى تحد كل ضلع  
موضوعة على قائم واحد فى مستوى المسقط

فلذا كان هرم ض ا ب ث (شكل ٧) مرسوما على وجه افق وقائم

بمساقط اضلاعه وكانت الرأس المتناظرة موضوعة فى نقطة ض ض

ا ا ب ب ث ث على مستقيمت ض ض  
و و و و و و و و و و و و  
و و و و و و و و و و و و  
هو م ن

ثم ان الهندسة الوصفية تفيدنا بواسطة تقاطع المستويات والخطوط المستقيمة  
تحديد طول الخط المستقيم المعلوم المسقطين ومسطح شكل مستو معلوم  
بمسقطي محيطه والزوايا المتألفة من خطين مستقيمين مسقطاهما معلومان  
والزاوية المتألفة من المستويين المعلوم انهما الاقبيان والقائمان واقصر بعد  
بين الخطين المستقيمين المعلومين بمسقطيهما والزوايا التى تحدث عن خط مستقيم  
معلوم بمسقطيه ومستو معلوم باثره وهلم جرا وينبغى فى دروس رسم الخطوط  
ان نوقف التلامذة على حل تلك المسائل

وبواسطة حل المسائل المذكورة يمكن للصنائعية اجراء جملة عمليات فى الفنون  
المهمة جدا كالبناء وقطع الاحجار وفن التجارة المدنية وعمارة السفن والالات  
والحرف وغير ذلك

ويمكنهم زيادة على رسم المستويات الافقية والمساقط القائمة للعمارات  
والسفن والالات ونحو ذلك ان يصنعوا مع السهولة من هذه الاشياء قطعها  
بواسطة اى مستو كان ويحدث عن مستوى هذا القطع عند ملاقاته لخطوط  
مستقيمة مرسومة بمساقطها الافقية والقائمة بنقط وزوايا يمكن تحديدها  
ويكون تقاطع المستويات المتنوعة المعلومه يا نارهنا مع مستوى القطع خطا  
مستقيما وبين التلامذة هذه الخطوط المستقيمة ويرسمون رسما تاما بجميع اجزاء

العمارة التي ليست مركبة من عدة خطوط منحنية  
مثلا يرسم النجار مع الدقة سائر اجزاء اخشاب الارضية والسقف المستوي  
فيتحصل عنده بواسطة القصول والقطوع اشكال وابعاد كل قطعة من  
الخشب مثل الكتلة والبرطوم والمربوعة ونحو ذلك وتكون هذه القطع محددة  
بأوجهه مستوية وباضلاع مستقيمة ويرسم مساقط الاضلاع المذكورة  
فتمتصق القطع المختلفة المذكورة ببعضها وتكون الخطوط الدالة على وضع  
التلاصق هي تقاطع الواجهة المستوية من قطع الخشب المتكئة ثم يحدد  
التقاطعات المذكورة بواسطة الطرق السهلة التي ذكرناها آنفا وحيث ان اوجه  
قطع الخشبية كلها ليست قائمة الزوايا الزم ان يقيس الزوايا المتألفة من الواجهة  
المكتئة من قطعة واحدة والواجهة المتناطرة من عدة قطع متلاصقة ويبحث  
عن اتجاه كل وجه من هذه القطع وطوله وعرضه

فاذا سلك النجار الماهر على هذا المنوال من غير ان يتردد فيه فانه يحصل  
بواسطة المساقط والقطوع الى تحديد جميع الاجزاء المستقيمة من خشبية  
اي عمارة كانت

ومن هنا يعلم ان النجار الماهر الذي يرسم مع الفطنة والدقة كل قطعة من قطع  
الخشبيات ويرسم مجموعها دائرة واسعة في المعارف الهندسية وليس يلزم  
ان يسمى الخطوط والسطوح والجسمات بالاسماء المصطلح عليها عند  
المهندسين المقررة في كتبهم بل يكفي ان تكون القواعد العملية على حالة واحدة  
بدون اعتبار للاصطلاحات الطارئة في شأنها فان العلم اذا عاطاء الناس  
باللغة الدارجة بينهم لا تقل بذلك منفعتة ولا يتقص قدره

ويمكن ان تطبق الملاحظات التي ذكرناها في شأن معارف النجار على معارف  
فحات الاجازة قول انه يلزم لفحات الاجاز ان يجهز الاجاز الاصليية التي تتركب  
منها العمارة المراد انشاؤها مع الضبط على اي شكل كان بحيث يحصل عن تلك  
الاجاز اذا وضعت متلاصقة او بعضها فوق بعض مع الانتظام التام واثباته  
والصلاية الاشكال التي عينها المعمري بمسئولياتها وارتفاعاتها وعند انتهائها

المساقط الأفقية والقائمة يقسم الجدران بعدة مستويات قاطعة فيكون حينئذ شكل اجزاء الدستور محددًا اولًا بالوجه الخارجية والداخلية للجدران وثانيًا بالمستويات القاطعة التي يطلق عليها اسم مستويات الالتحام لانه بحسب هذه المستويات تلحم الاجزاء المذكورة ببعضها

ويسهل رسم اجزاء الدستور المعدة للأسوار المنتصبة العادية حيث انها على هيئة اشكال متوازية السطوح ووجهها المتلاصقة عمودية واضلاعها المتقابلة متوازية لكن اذا كان في الجدران ميل وحدث عنها زوايا غير قائمة لزم ان يكون فتح الاجزاء على صورة اشكال ادق واصعب من الاولى وان تحدد الزوايا التي تحدث عن الواجهة المائلة مع الواجهة اذقية وكذلك زوايا الاضلاع التي على استقامة السور تحدد مع الاضلاع التي على اتجاه السور الملاصق له وهكذا ويلزم في الغالب ان اعلا الابواب والشبابيك وان كان مستويا يكون مصنوعا من عدة اجزاء متلاصقة اعلاها اعرض من اسفلها لئلا يفنى بها ثقله الى السقوط ويلزم ايضا بعد ذلك تحديد زوايا اضلاع الاجزاء ووجهها ابعادها وغير ذلك وتحمل هذه المسائل بطرق تقاطع السطوح

ويلزم ان نعلم التلامذة المعدين لبناء العمارات وهندسة الابنية ورسمها قطع ارانيك القمم والابواب والشبابيك والسلالم وغير ذلك من الجسد على ابعاد متناسبة بان يجعلوا لكل حجر من الاشكال ما يلائمه ويحددوا الحسام كل حجر واضلاعه على وجه هندسي وهذا هو غاية ما يمكن ان نوصي به من يمارس هذه العملية ومن المرغوب انه عند تعليمها تنظم الخطوط المراد قطعها على حسب تنظيم السطوح المستوية والاسطوانية والمخروطية والمنتشرة والمعوجة والدورانية وغير ذلك من السطوح التي استحسن وضعها في هذا الكتاب ويلزم ايضا تعليمهم كيفية قطع ارانيك التجارة لثنية وغيرها تعليمهم ارانيك قطع الاجزاء وهذه النظرية يصير التعليم كثير الفائدة واسرع من غيره

\*(بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات)\*

\*(مع السطوح المنحنية)\*

سيأتي الكلام على هذه السطوح في مجيئها وانما تكلم هنا بالترتيب على تقاطع الخط المستقيم والمستوى مع السطوح الاسطوانية والمخروطية والمنشورة والمعوجة وسطوح الدوران وغير ذلك فنقول

\*(بيان كيفية رسم مسقطي الاسطوانة)\*

لأجل تحصيل هذين المسقطين يرسم على احد مستويي المسقط كالاستوى الافقي مثلثا ثلث الاسطوانة المذكورة اي تقاطعها مع المستوى المذكور ولا يخفى انه اذا كانت جميع اضلاع الاسطوانة متوازية تكون مساقطها بالضرورة متوازية فبجهد تحديد اتجاه  $\overline{AB}$  و  $\overline{BC}$  و  $\overline{CA}$  لمسقطي اي ضلع كان (شكل ٩) ينتج لنا اتجاه مساقط اضلاع الاخر ويكتفى عادة في رسم المسقط الافقي والمسقط القائم ببيان اضلاع المتطرفة وهي

$\overline{AB}$  و  $\overline{BC}$  و  $\overline{CA}$  و  $\overline{AD}$  و  $\overline{DE}$  و  $\overline{EA}$

\*(بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى)\*

اذا علم اثر المستوى ومسقط الخط المستقيم علمت كيفية تحديد تقاطع الخط المستقيم المستوى واذا اجريت العملية في شأن الاضلاع المختلفة من الاسطوانة حدث عن كل ضلع نقطة التقاطع التي تسقط على وجه افقي ومنصب ويتألف عن مجموع هذه النقط خط منحن افقي وخط منحن قائم وهما مسقطا خط التقاطع المطلوب

واما عمليات الفنون فالغالب فيها ان يرسم التقاطع على نفس السطوح بوضعها في مقابلة بعضها ولنفرض ان تكون الاسطوانة (شكل ١٠) انبوبة وجاه شكلها اسطوانا وان يكون المستوى لوحا من صفائح الحديد تقطعه الانبوبة فنضع تلك الانبوبة في نفس الاتجاه الذي يسلم لها ولكن نؤخرها على قدر الكفاية حتى لا تمس المستوى الذي تقطعه وبعد ذلك نأخذ مسطرة ونجعلها مقابلة للاسطوانة على حسب اتجاه اضلاع هذا السطح ثم نقدها ونؤخرها حتى يمر احد طرفيها بالوح الصفيح وبالجملة فتمين لكل



من اوضاع هذه المسطرة اتصاله بالروح المذكور فيكون مجموع النقاط المعينة على هذا الوجه هو منحنى تقاطع السطحين اى الانبوبة ولوح الصفيح ولنفرض انه يؤخذ على المسطرة طول ثابت مناسب ابتداءً من الطرف الذى يس دأماً لوح الصفيح ونعين نقطة اخرى على الاسطوانة او الانبوبة مقابلة للطرف المذكور فيحدث عن تسلسل النقاط الجديدة المرسومة بهذه الكيفية خط منحنى وهو خط تقاطع الاسطوانة مع المستوى ولننقل مع التوازي لوح الصفيح او الاسطوانة فينطبق بمقتضى تساوى المتوازيات الموجودة بين خطين متوازيين المنحنيين المرسومين احدهما على المستوى والاخر على الاسطوانة على بعضهما انطباقاً كاملاً ويتميز جان معاً وبعد رسم هذين المنحنيين تقطع بحسب محيطيهما الاسطوانة او المستوى او هما معاً على حسب الغرض المقصود من هذه السطوح

وهذه الكيفية ارجح من غيرها لضبطها وصحتها مهما كان شكل الاسطوانة ولو كان لوح الصفيح على شكل منحنى عوضاً عن ان يكون على شكل مستو

\*(بيان اجراء العملية فى انشاء السفن)\*

يستعمل البحارون هذه الكيفية فى رسم منحنى تقاطع سطح مقدم السفينة وسطح طباقتها مع سطح الصواري وفى ثقب بكرات الصارى

\*(بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانات مع الظلال)\*

اذا قطع السطح المحدد باضلاع متينة اشعة ضوء الشمس ومد من كل نقطة من محيط هذا السطح خط مواز لاشعة الشمسية حدثت عن جميع المتوازيات اسطوانة تفصل خلف السطح المذكور الجزء المظلل من الجزء المضى فاذا كان خلف الاسطوانة جسم حال بشامه فى هذا الظل فان الشمس تكون محتفية بالكلية ومحجوبة بالسطح الذى يحصل عنه الظل بخلاف ما اذا كان جزء فقط من هذا الجسم فى الظل واريد تحديد تقاطع سطح الجسم مع الاسطوانة فان المنحنى المحدد بهذا الوجه يفصل على الجسم الجزء المظلل من الجزء المضى وبذلك

يتحصل

يُحصل معًا خط اتصال الظل والضوء على الجسم المظلم بواسطة منحنى تقاطع سطح هذا الجسم مع الاسطوانة التي تعين في الفراغ حد الاشعة الشمسية المحبوبة بالسطح المظلم

ولناخذ مسطرة ونجعلها موازية دائماً للاشعة الشمسية ثم نضعها من احدى جهتيها على السطح الذي يحصل عنه الظل ومن الاخرى على الجسم المضيء برؤيه فيرسم كل وضع من المسطرة نقطة على الجسم المتقدم وبصير اجتماع النقط المرسومة على هذا الوجه هو خط اتصال بين الظل والضوء

ولا بد ان يكون للرسمين والمصورين والنحاتين المام تام بالاسطوانات التي يخرج منها ظلال الاجسام ومما لا بد منه ايضا ان يعينوا بواسطة طرق مساقط السطوح وتقاطعاتها صورة ظلال عدة اجسام مختلفة الوضع والصورة على اجسام اخره متنوعة الصور والاوزاع فبذلك يكسبون عملية مضبوطة صحيحة في شأن تأثير ضوء الشمس الخالص بشكل الظلال ومعرفتهم لهذه العمالية تمنعهم غالباً من الوقوع في الخطا الفاحش الذي يمكنهم اجتنابه اذا كان لهم ادنى الملم بالهندسة التي لها دخل في فنونهم

ويلزم ضبط الظلال لاسيما في رسم البناء الذي يكون فيه لساكن الاجسام المرسومة كالاسوار والاعمدة والقبب والقبوات اشكال هندسية دقيقة فيلزم اذن للمعماري الذي يريد رسم ظل مستوياته ليعرف تأثير الظل والضوء اللذين يحدثان عن مبانيه ان يتعود على تحديد سائر الظلال مع الدقة التامة

ونفرض في رسم العمارات ورسم الآلات ان الاشعة الشمسية تكون مائلاً بمقدار ٤٥ عند نزولها من اليسار الى اليمين ومتى رسمت الاجسام بالخط دون البوية عيناً بشرطات غليظة المحيطات المتصلة بالاوجه الموضوعة في الظل وعيناً ايضا بشرطات رفيعة المحيطات الفاصلة بين الاوجه المضيئة وهذه الاشارة تكفي في التمييز بين هذه الاشكال المحبوبة والمجوفة ولولاها لالتبس بعضها عند رؤية رسمها بالخط

فلذا كان يجزأ اختصار الاضلاع المظلمة والاضلاع المضيئة (شكل ١٤)  
يدرك ان في **أ ب ث د** بروازا محدة يا وفي **أ ر ث د** بروازا مجزأ  
ونما لا بد منه للتلاميذة الذين يرسمون العمارات والآلات ان يتعودوا مع  
القشاطر على تبين الخطوط الرفيعة والخطوط الغليظة لانه عند امتزاجها  
ي بعضها تلبس الاشكال المحددة بالاشكال المجوفة وبالعكس

**\*(بيان اجراء العملية في علم المنظر)\***

اذا اريد رسم ظل عمارة من بعدد فانه ينبغي تعيين نقطة اجتماع سائر الاشعة  
المتوازية بمقتضى الطريقة العامة المذكورة في الدرس التاسع المتعلقة بنقط  
الاجتماع فبمجرد ما يتحصل دعنا منظر اى نقطة ينتج بوصل تلك النقطة على  
اللوحي بنقطة اجتماع الاشعة الشمسية منظر الشعاع المار بالنقطة المفروضة  
واذا كانت النقطة المذكورة مظلمة فانه ينتج منظر ظلها وقد يكون ظل الخط  
المنحنى المنظور من بعيد جملة خطوط مستقيمة تنتهي كلها بنقط الاجتماع  
كاضلاع المخروط

**\*(بيان تقاطع المخروط والمستوى)\***

هذه التقاطعات المشهورة بالقطوع المخروطية لها في صورة ما اذا كان المخروط  
مستديرا او مائلا او قائما اهمية عظيمة جدا في العلوم والفنون ولها في الهندسة  
مبحث مستقل مهم كبحث المثلثات ويعتبر كانه سلم يتوصل به من مبادئ  
الهندسة الى مطولاتها

ولا يلحق بهذا المبحث ان تعرض لبسط الكلام على اصول اشكال القطوع  
المخروطية وتطبيقاتها الاصلية وانما نسلك في ذلك مسلك اليجاز فنقول  
نعين المساقط الاقبية والقائمة لتقاطع المخروط بالمستوى كما فعل ذلك  
في الاسطوانة وذلك بان نعين المستط الاقبي والقائم لتقاطع هذا المستوى بكل  
ضلع من اضلاع المخروط فيكون المنحنى المار بالنقط المعينة بهذه الكيفية في حال  
وضعه على مستويات المساقط هو المسقط المطلوب تحصيله  
ولناخذ المخروط البسيط المنتظم وهو المخروط القائم المستدير ككافي

(شكل ١٢) فتكون جميع خطوط تقاطعه بمستويات موازية للقاعدة  
دوأت تركل قاعدة المدة كورة وقد تكلمنا في الدر من الثالث على خواص الدائرة  
ومحيطها ولم يبق علينا الا القطع الناقص والقطع المكافئ والقطع الزائد  
ولنشكلم عليها على هذا الترتيب فتقول

\*(بيان القطع الناقص)\*

اذا قطعنا المخروط بمستوى ح خ (شكل ١٢) المائل على المحور  
وكان هذا المستوى قاطعا لاسا ارضلاع المخروط فان القطع المخروطي الحادث  
بهذه الكيفية يكون قطعانا قضا وهو خط منحن متصل ببعضه من سائر جهاته  
بحيث لا يرى فيه انفرج وهاهنا خواص القطع الناقص الاصلية  
وحاصلها ان هذا الشكل له مركز في نقطة و (شكل ١٣) ومحوران  
مثل ا ب و ث د يتقاطعان في زاوية قائمة وكل خط مثل  
ض و ممتد من مركز و ومنته الى محيط القطع الناقص يكون  
منقسما بالمركز المذكور الى قسمين متساويين وهو قطر يقسم ايضا القطع  
الناقص الى قسمين يمكن انطباق احدهما على الاخر بقاب هذا القطر طرفا  
على طرف

وكل من المحورين المذكورين يقسم القطع الناقص الى قسمين متماثلين وكل  
خط مثل م ح ن عمود على احد المحورين وهو ا ب يكون منقسما  
بهذا المحور الى قسمين متساويين مثل ح م و ح ن وبناء على ذلك  
اذا درنا نصف القطع الناقص وهو ا ث ب حول ا ب الذي هو  
بمنزلة المحور فان سائر نقط محيط ا ث ب تنطبق مباشرة على نقط محيط  
ا د ب

واذا كان مركز القطع الناقص عين مركز الدائرة التي قطرها محور ا ب  
فانه باستمداد خطي و د و ح ن على الدائرة الى نقطتي د و ن  
يتحصل معنا هذا التناسب وهو و د : و ن :: ح ن : ح د  
وهذا بالنظر للخطوط الثلاثة المستقيمة وهي ح ن د الموازية لمحور

ث و د ومن ثم يمكن ان يعتبر القطع الناقص بالتطريق من اجزاءها

دائرة مفرطة ومنبسطة مستوية بالنظر لجميع اجزائها

واما في صورة العكس وهي ما اذا رسمنا دائرة مثل ث د

(شكل ١٣ مكرر) على المحور الصغير وهو ث د المعتبر كانه قطر فانه

يتحصل معنا التناسب الاقنى بالنظر لكل خط مستقيم مثل خط ف غ ع

العمودى على محور ث د المنتهى فى نقطة ع بالدائرة وفى نقطة غ

بالقطع الناقص وهو و ر : و ب :: ف غ : ف غ

وحيث يمكن اعتبار القطع الناقص كانه دائرة يضاوية ممتدة امتدادا متناسبا

فى سائر اجزائها

واذا رسمنا دائرة على مستو مائل موزله بمستقيم أ ب (شكل ١٤)

كان المطلوب معرفة مسقطها على المستوى الافقى

فنفرض ان أ ر هو مسقط قطر أ ب الذى هو أ ك ثم يلا من غيره

وحيث ان نقطة و هى مسقط مركز و فاذا م ث و عمودا على

أ ر وجعلنا و ث = و ث = نصف قطر الدائرة فان منحني

أ ر ث يصير مسقط الدائرة المذكورة وبذلك يكون قطعنا قسما وذلك انما

اذا م د ن عمودا مثل م ن على قطر الدائرة الذى هو أ ب المرسومة

على مستوى أ ب فان خط م ن الافقى يكون فى مستوى الدائرة

وبناء عليه يكون مساويا لمسقطها الذى هو م د ولذا يكون قرب اعمدة

م د البسيطة من المحور الاكبر الذى هو ث و اكثر من قرب اعمدة

م د من قطر ث و كنسبة و م الى و م فاذا ن يكون مسقط

الدائرة المذكورة ليس الا دائرة منبسطة ممتدة بالتناسب فى جميع اجزائها

وهى كناية عن القطع الناقص

فعلى ذلك كل دائرة رسمت على مستو غير مواز لها يكون مسقطها قطعنا ناقصا

ويكون المحور الاكبر من هذا القطع مساويا لقطر الدائرة المذكورة

ولما كانت خواص القطع الناقص كثيرة جدا بحيث لا يمكن بسط الكلام

عليها اقتصر نامنها هنا على خاصية نذكرها لك لأهميتها وكثرة مدخلاتها  
في العمليات فنقول

إذا عينا نقطتين ثابتتين مثل  $\overline{ف}$  و  $\overline{و}$  (شكل ١٥) بوترين  
أو شاحصين ودربطنا فيهما خيطا طولا من مسافة  $\overline{هـ}$  و  $\overline{و}$  ثم شدنا هذا  
الخيط بالمرسم فيتقدم تارة إلى جهة  $\overline{ف}$  وتارة إلى جهة  $\overline{و}$  يحدث  
عن ذلك خط منحني يسمى قطعا ناقصا ويقال له أيضا قطع البستانية الناقص  
لأنهم يسمون التقطوع الناقصة الموجودة ببساتينهم على هذه الكيفية  
ومن خواص القطع الناقص الشهيرة جدا أنه في كل نقطة من نقطه كالنقطة  
المرموز إليها بحرف  $\overline{ث}$  يحدث عن جزئي  $\overline{فث}$  و  $\overline{و ث}$  المستقيمة  
المركب منهما الجبل في نقطة  $\overline{ث}$  زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني  
أو مماسه وهو  $\overline{ط ث ط}$

\*(بيان اجراء العملية في علم الضوء)\*

قد افادتنا التجربة أن كل شعاع من اشعة الضوء كشعاع  $\overline{ف ث}$  الذي  
يمس خطا منحنيا أو سطح  $\overline{ا ث ب}$  يكون له اتجاه مثل  $\overline{ث ف}$  وبعبارة  
أنه ينعكس على حسب  $\overline{ث ف}$  بحيث يحدث عن الشعاعين اللذين هما  
 $\overline{ف ث}$  و  $\overline{ث ف}$  زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني أو السطح  
فإذا نزلنا عكس القطع الناقص الضوء كما ننعكسه المرآة المستوية فإنه يكون لكل  
شعاع مضيء مثل  $\overline{ف ث}$  خارج من نقطة  $\overline{ف}$  عند انعكاسه اتجاه  
 $\overline{ث ف}$  المار بنقطة  $\overline{ف}$

وكل نقطتين مثل  $\overline{ف}$  و  $\overline{و}$  يسميان بالبورتين فعلى ذلك جميع الاشعة  
المضيئة الخارجة من إحدى البورتين والمنعكسة بحيط القطع الناقص تمر  
بالبورة الثانية

\*(بيان اجراء العملية في علم السمع أي انعكاس الصوت)\*

ينتشر الصوت ويتجه اتجاها مستقيما كاتجاه الضوء وانتشاره ثم ينعكس  
انعكاسا مستقيما أيضا بحيث تساوى زاوية الانعكاس زاوية السقوط

المعتضة فعلى ذلك اذا كان محيط القطع الناقص مرسوما بحيث يعكس الصوت فان سائر الاصوات الخارجة من بورة ف تنعكس عندهم ورها بالبورة الثانية وهي ف التي تصير صدى ف

وهناك محال بنيت على صورة القطع الناقص (شكل ١٥) فظهر منها بواسطة التجربة بجهة ما قرناه في هذا البحث فان الانسان اذا خفض صوته وهو في البورة التي هي ف بحيث لا يسمعه القريب منه بان كان في نقطة و ملاحظت مع ذلك عن تأثير صدى صوته المنخفض الصادر عنه في نقطة ف صيرورة هذا الكلام واضحا مفهوما في البورة الثانية وهي ف ولا بأس بان نذكر هنا علمية تتعلق بخاصة الصوت وان كانت محزنة تتأثر منها النفس وحاصلها ان اناسا لارافة عندهم بنوا سجون لا يمكن لمن سجن بها وكبل بسلاسل الحديد في بورة ف ان يتفوه بكلمة واحدة الا وتسمع في البورة الثانية وهي ف من القبة التي على هيئة القطع الناقص المنفصلة من ف بحاجز يمنع المسجون ان يرى السجناء المتكفل بملاحظته ومراقبته

وقد تقطع النجوم السيارة حول الشمس خطوطا منحنية وهي قطوع ناقصة احدى نقطتي احتراقها مركز الشمس وقد مضى على علماء الهيئة والهندسة ثلاثون قرنا وهم يمارسون فنونهم حتى ادر كوا حقيقة هذه التجربة التي بها اتسعت دائرة علم الهيئة عند المتأخرين

فاذا ادركنا القطع الناقص حول محور كبير مثل أ ف ب يمر بنقطتي الاحتراق حدث عن ذلك سطح دوران فوجد فيه هذه الخاصية وهي ان كل شعاع مضى ذى صدى مثل ث ف خارج من نقطة الاحتراق وهي ف يكون في انعكاسه على خط مستقيم يمر بنقطة الاحتراق الثانية وهي ف

وكما انه يمكن بواسطة الدائرة البيضاء والمستطيلة او المربعة المسطحة بالنظر بجميع اجزاء تقطعها ان ترسم سائر القطوع الناقصة يمكن بواسطة الجسم الناقص الدائري المرسوم بدوران القطع الناقص حول احد محوريه ان ترسم

سطوحاً مجسمة ناقصة بيضاوية مستطيلة أو مسطحة وهذه الطريقة تكفي في هذا المقام ولا حاجة فيه إلى الاطناب وبسط الكلام  
وهنا الطريقة الأخرى في رسم القطوع الناقصة بحركة مستمرة كان يستعملها  
أرباب الصنائع غالباً وذلك أنه إذا كان  $\overline{أوب}$  و  $\overline{ثود}$  هما  
المحوران (شكل ١٦) ومددنا مستقيم  $\overline{منح} = \overline{وا}$  واخذنا  
عليه  $\overline{حن} = \overline{وث}$  وبقيت نقطة  $\overline{م}$  مأكثة دائماً على المحور  
الأصغر الممتد على قدر الحاجة وبقيت نقطة  $\overline{ن}$  على المحور الأكبر فتقدم  
هذا الخط المستقيم وتأخره في جميع أوضاعه الممكنة ترسم نهايته وهي  $\overline{ح}$   
القطع الناقص وهو  $\overline{أبثد}$

وقد صنعوا بموجب هذه الطريقة آلات لرسم القطع الناقص بحركة مستمرة  
وهي في الحقيقة سيكارات على هيئة قطع ناقص

وقد ينشأ في قائمة الآلات المخترعة كيفية الرسم بهذه السيكارات لسطح مجسم  
قطع ناقص أيما كان بواسطة حركة مستمرة وخط مستقيم نقطه الثلاثة المعلومة  
تمكث دائماً على ثلاثة مستويات ثابتة حين ترسم النقطة الرابعة بتمدداتها  
أو تأخرها في جميع الجهات لسطح مجسم القطع الناقص وتستعمل هذه الطريقة  
في أخذ صورة الأجسام وفي الأشغال التي يقتضيها بناء القباب التي على صورة  
القطوع الناقصة

### \*(بيان القطع المكافئ)\*

يكون القطع المكافئ (شكل ١٧) مرسوماً على مخروط  $\overline{أب}$  و  $\overline{وا}$   
بواسطة مستوى  $\overline{خ ر}$  الموازي لأحد اضلاع المخروط المذكور وهذا القطع  
هو خط منحن كخط  $\overline{م د ح}$  مغلول من جهة ومفتوح من أخرى ويمتد إلى  
الانهاية وفرعاه وهما  $\overline{م د}$  و  $\overline{د ح}$  آخذان في الافراج على التدرج  
وليس للقطع المكافئ الذي هو  $\overline{منح}$  (شكل ١٨) الرأس واحد  
وهو  $\overline{ن}$  ومحور واحد وهو  $\overline{ن ل}$  يكون فرعاه  $\overline{منح}$  وهما  $\overline{من}$   
و  $\overline{ن ح}$  بالنسبة اليه متماثلين ولهذا القطع أيضاً صورة وهي  $\overline{ف}$



ولنجد المحور بكمية ككمية  $لغ = ن ف$  التي هي بعد المسافة  
 بين بورة القطع المكافئ ورأسه ونجد ايضا من نقطة  $غ$  مستقيم  $س ص$   
 عمودا على هذا المحور فاذا مددنا الشعاع المنعكس وهو  $ك$  الى  
 نقطة  $ش$  على  $س ص$  كانت نقطة  $س$  التي هي من القطع  
 المكافئ على بعد واحد من البورة ومن خط  $س ص$  وحينئذ  
ف  $س$  يساوي  $ش$  فاذا اتينا بمسطرة مثلثة مثل  
ه ش ومررنا بها على طول  $س ص$  واتينا ايضا بجبل نربطه  
 بالزاوية القائمة وهي  $ش$  ونشده بحيث يكون على هيئة خط مستقيم  
 بطول  $ش$  واتينا بجبل ثان ثابت في نقطة الاحتراق وهي  $ف$   
 وضممنا احد طرفيه في نقطة  $س$  الى الجبل الاول بحيث ينتج ان  
ف  $س$   $=$   $ش$  وتركنا هذين الجبلين يمتدان بالتساوي  
 فكلما بعدت المسطرة المثلثية عن المحور اخذت نقطة  $س$  في رسم القطع  
 المكافئ حتى ينتهي  
 واذا فرضنا ان القطع الناقص يمتد بالتدريج فلن تقطع احتراقه يبعدان عن  
 بعضهما فاذا اقتصرنا على احدى هاتين النقطتين فان جزء القطع الناقص  
 الذي يمتد حول هذه النقطة يكون عند الرسم شديدا بالقطع المكافئ وعلى  
 التدريج حتى اذا تم رسمه صار متماثلين بحيث لا يفرق بينهما  
 ثم ان النجوم ذوات الذنب ترسم خطوطا منحنية قريبة الشبه بالقطعوع  
 المكافئة تشغل الشمس نقطة احتراقها وهي في الواقع قطع ناقص بيضاوية  
 الشكل  
 وكلما امتد القطع الناقص اخذت الاشعة الشمسية الخارجة من احدى تقطعي  
 الاحتراق المتباعدة عن النقطة الثانية في التوازي تدريجيا وهذا فيما اذا فرضنا  
 ان تقطعي الاحتراق يبعدان عن بعضهما بعدا لانهاية له وبذلك يكون القطع  
 الناقص في الحقيقة قطعامكافئا وتكون الاشعة الخارجة من نقطة الاحتراق  
 التي يكون بها الراصد منعكسة بانحط المنحنى المذكور بحيث لا تقابل المحور

الذي توجد فيه نقطة الاحتراق الثانية الا في بعد لا نهاية له فاذن تكون الاشعة الخارجة من نقطة احتراق القطع المكافئ منعكسة بهذا الخط مع موازاتها للمحور

ويستعمل القطع المكافئ لتلقي الضوء الخارج من نقطة الاحتراق وانعكاسه الى جملة اشعة موازية للمحور عوضا عن ان تكون تلك الاشعة منتشرة في سائر النقط الموجودة في الفراغ

(بيان اجراء العملية في المنارات) \*

اذا اوقدت نار على شواطئ بحرا وفي داخل ميناء او في مصب الانهر او على المراسي الخطرة او ما جاورها من المهم ان ترى ضوء تلك النار من بعيد وهي نار المنارات فيلزم وضعها في نقطة احتراق السطوح المتخذة من النحاس المقضض ويجعل لها شكل القطع المكافئ الذي يدور حول محوره (شكل ١٨) وهو مجسم قطع الدوران ويوجب هذا البيان يحدث عن سائر الاشعة التي يعكسها السطح الذي يطلق عليه اسم مجسم القطع المكافئ العاكس جملة اشعة متوازية قاعدتها دائرة ا ب ث د المتوازية التي يتكون منها ايضا قاعدة سطح ا ب ث د من العاكس

ثم ان مجسم القطع المكافئ نارة يكون موضوعا في وضع ثابت وفي هذه الصورة لا يمكن رؤية المنارة في الليل على بعد عظيم الا في وقت المرور بمحور القطع المكافئ ونارة يدور مجسم القطع المكافئ على محورها قائم فيفتذبصير بالتدريج الضوء المنعكس بذلك المحور على سائر نقط الافق وقد ادرك الملاحون بذهاب الضوء ورجوعه المنتظم ان هذا الضوء ليس ناشئا عن نار موضوعه حيثما اتفق وقد تبين من المدة المتخللة بين وجود الضوء وانعدامه الاختلافات التي تميزها المنارات من جهة واحدة

(بيان القطع الزائد)

القطع الزائد هو عبارة عن قطع ع د م و م د ل (شكل ١٩) المرسوم في المخروط بمستوي قطع طبقى ا ب و ا و وينقسم الى

جرتين منفصلين عن بعضهما لكل واحد منهما فرعان كـ القطع المكافئ  
الان الفرق بينهما هو ان فرعى القطع الزائد يمتدان بسرعة اكثر من فرعى القطع  
المكافئ ومن هنا قيل ان فرعى القطع الزائد المحكم الرسم المشترك مع القطع  
المكافئ في المحور والرأس يؤول امرهما الى كونهما يخرجان من بين فرعى  
القطع المكافئ.

وللقطع الزائد وهو أ ب ث و ا ر ث (شكل ٢٠) محوران  
ونقطة احتراق وهما ف و و كـ القطع الناقص غيراته عوضا عن  
أن يكون مجموع الاشعة الاحترافية ثابتا على حالة واحدة يكون ذلك ثابتا  
لتفاضلها وكذلك شعاعا ف م و و م يحدث عنهما زاوية واحدة  
مع المنحنى الان هذا المنحنى يميز هذين الشعاعين اى شعاعى الاحتراق عوضا  
عن ان يكسبهما كـ القطع الناقص \* وبالجملة فهناك خطان مستقيمان مثل  
ن ص و و ص و ز و ن يحدث عنهما زاوية واحدة مع المحور الاكبر وهو  
ف و و يقر بان من القطع الزائد كلما بعدا عن مركز و المارين به  
من غير ان يتلاقيا بفرع القطع الزائد ولذلك سميا بالخطين الموازيين للخط  
المنحنى

\* (بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية) \*

يكفى لتحديد هذا التقاطع أن نمر بعبدة مستويات من رأس المخروط فنقطع هذا  
المخروط فى اضلاع مستقيمة ونقطع ايضا السطوح المنحنية فى خطوط آخر يكون  
تقاطعها مع تلك الاضلاع هو عين نقط الخط المنحنى المطلوب

\* (بيان اجراء العملية فى معرفة علم النور) \*

قد سبق فى الدرس التاسع ان الاجسام تظهر لنا بواسطة اشعة مئيرة سارية من  
كل من نقطها الى مركز عين الانسان فعلى ذلك كل خطية ذرف الاشعة المنيرة  
المذكورة يصير قاعدة للمخروط فاذا رسمنا تقاطع هذا المخروط بالسطح المشاهد  
تحصل معنا منظر الخط المنير

وتكون الالواح فى العادة سطوحا مستوية كما تقدم فى الدرس التاسع

وقد تكون اسطوانات او انصاف كرات

\*(بيان البانورامة اى المنظر العام)\*

قد نوصل اهل هذا الفن الى صناعة الواح اسطوانية بوضع نقطة المنظر على نفس محور الاسطوانة وبهذه الوسطة امكنهم ان يرسموا على محيط الاسطوانة سائر الاجسام الطبيعية التى تنشر بالاستدارة الى الافق حول نقطة مفروضة وهى البانورامة التى يعبر عنها بالمنظر العام لجميع الاشياء لانه بواسطتها شاهد جميع الاجسام التى يمكن رؤيتها من نقطة واحدة فلذا كانت البانورامة عبارة عن تقاطع السطح الاسطوانى المتقدم المأخوذ لوحا مع سطح مخروط واحد او عدة سطوح مخروطية رأسها موضوعة فى نقطة المنظر وقاعدتها بجميع الخطوط الطبيعية التى يريد الصانع رسمها

ولاجل الاختصار فى عمليات هذا النوع من المنظر تقسم الافق الى اجزاء متعددة بأن تقسمه الى عشرين جزءاً مثلاً ثم نرسم على افرخ ورق او صفائح مستوية معتادة منظر الاشياء المنحصرة فى العشرين جزءاً من الافق ثم نرسم بجانبه على الستارة الدالة على انتشار سطح الاسطوانة المجمولة لوحا العشرين طبقة المنتصبة المتوازية ثم ننشر هذه الستارة على الحائط الاسطوانى من البيت المستدير المحتوى على البانورامة

واذا رسم هذا النوع على حقيقته دهش منه الناظر لانه فى بعض الاحيان يبدو له منه سائر التخيلات الطبيعية وهذه الطريقة فى الرسم اجود من غيرها اذ بها يعرف منظر اى محل كان حول نقطة مفروضة وهذه الفائدة لا يمكن وجودها فى السطح المخوف ولا فى منظر صورة جزء من الافق

\*(بيان المرأة المسحورة)\*

هذه المرأة عبارة عن لعبة طبيعية شهيرة ناشئة عن التخيلات الهندسية وهى من قبيل البانورامة وصورتها ان نرسم على مستواشكالا بحيث انها عند انعكاسها بالمرأة الاسطوانية او المخروطية تطهر لعين الراصد فى صورة اجسام منتظمة وصور طبيعية ويلزم لرسم تلك الاجسام على المستوى ان تتصور

أولاً سائر اضلاع المخاريط التي تجعل لكل جسم منظر على المرء آتياً من الاشعة المنعكسة بان تعتبر هذه الاضلاع كأنها اشعة ساقطة فينتج عن كل شعاع منعكس تقاطعه بالمستوى نقطة ويكون مجموع النقط المحددة بهذا الوجه الشكل المطلوب رسمه وما يحصل للانسان عند رؤيته هذا المنظر من المسرة والابتهاج انما هو ناشئ عما يلحقه من الطرب حين يرى الاشكال الغير المنتظمة والاشكال البشعة القبيحة المنظر تحول بانعكاس الضوء الى اشكال منتظمة حسنة المنظر مستكملة لما يرومه من الانتظام والجودة

\*(بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القباب والقبوات)\*

قد تكون القباب والقبوات الموجودة في العمارات الكبيرة كالهياكل والقصور منقوشة في الغالب بمناظر رسمها يتحصل بتقاطع السطوح المخروطية بسطوح هذه القباب والقبوات فيلزم للرسم ان يقف على حقيقة ما يراه من الصور لتظهر للمناظر على بعدائها على شكلها الحقيقي ووضعها الطبيعي وان كانت في حالة القرب تخالف ذلك بالكلية

\*(بيان الظلال المخروطية)\*

اذا كان هنالك نور كدور مصباح او شمعة او كان عدة انوار مجمعة مارة بقب صغير وانا رت على اجسام مظلمة فانها تعكس ظل هذه الاجسام بحيث يترأى في الفراغ ان الفاصل بين الظل والنور شكل مخروطي فاذا اريد رسم الظل الذي يعكسه الجسم المنير من نقطة واحدة على جسم آخر لزم ان تحدد تقاطع السطح المخروطي الناتج من الجسم الذي يعكس الظل بالجسم المنعكس عليه الظل

وسنبين للمبتدئين في التصوير الثمرة التي تظهر لهم في هذا المعنى وكذلك في الظلال المنعكسة باشعة متوازية عند تحديدهم من مبدء الامر بالطرق الهندسية كثيراً من الظلال المنعكسة التي من هذا القبيل ليعتادوا على الاشكال التي تنتج عنها ويعرفوا معرفة تامة تأثير النور في شكل الظلال فبذلك يزاد رسمهم صحة وضبطاً

وذلك لانه اذا انسجنا على منوال الطريقة التي ذكرناها نتج عن ذلك شيان  
احدهما تقاطع السطوح المنتشرة والمعوجة بسطوح آخر تعين النقط التي  
تتلاقى فيها السطوح بكل من المستقيمات التي هي اضلاع السطوح الاول \*  
ثانيهما تقاطع سطوح الدوران الدوران بسطوح آخر عند البحث عن النقط  
التي تتلاقى فيها السطوح الاخيرة بدوآر متوازية مرسومة على السطوح  
الاول وهلم جرا ومهارة الراسم في هذه العمليات هي اتقايه سطحى المسقط  
ليتحصل معه خطوط منحنية بسيطة يسهل بهارسم مساقط خطوط التولد  
من كل سطح

### \* (الدروس الرابع عشر) \*

(في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمنحنيات والسطوح)

لاجل تسهيل ادراك القضايا والبرهنة عليها تبدل في الغالب خط  
أ ب ث د ه ف غ ش المنحني (شكل ١) بمضلع مستقيم  
الخطوط تكون اضلاعه الصغيرة جدا وهي أ ب و ب ث و ث د  
و د ه الخ مماثلة بالكلية لعنصر الخط المنحني المحصر بين تلك الاضلاع  
المتنوعة

واذا مددنا من نقطتي أ و ب المفروض وضعهما على المنحني مع غاية  
القرب من بعضهما خط س أ ب ص المستقيم ظهور كانه امتزج بالمنحني  
في المسافة الصغيرة التي بين نقطتي أ و ب وتعين به اتجاه الجزء الاصغر من  
منحني أ ب ث د ه ف غ ش فنقول حينئذ ان مستقيم  
س أ ب ص مماس للمنحني في عنصره الصغير وهو أ ب  
ولا يخفى ان هذه الطريقة التي استعملناها في تحصيل مماسات المنحني ليست  
الاطريقة تقرينية ولنضرب لك مثالا تقرينيا ليكون عندك المماس بالمماسات  
الحقيقية فنقول

لنخذ في دائرة أ ب ث د (شكل ٢) نصف قطر و أ ثم نمد من  
نهاية أ عود س أ ص على نصف القطر المذ كور وودبر هنا

(في الدرس الثالث) على ان كل نقطة من س اص ما عدا نقطة ا توجد خارج الدائرة وان مستقيم س اص الذي يمر بالدائرة في نقطة واحدة يسمى مماس الدائرة

ولا يمكن ان يمر من بين نقطة ا ولا من شمالها بخط مستقيم بين الدائرة ومماسها وهو س اص فلذلك تمتد من نقطة ا خطا مستقيما كخط از ثم تمتد خط ون عمودا على از فيصير هذا العمود بالضرورة اصغر من مائل وا فاذا ندخل خط از في الدائرة ونشاء على ذلك لا يمر دائما من نقطة ا بين الدائرة ومماسها وهو س اص

وحيث ان الجزء الصغير من الدائرة الذي اوله من المماس اتجاها هو عين اتجاها المماس المذکور اما كن ان نعتبر نقطة قريبة جدا من نقطة ا مأخوذة على الدائرة كانها موضوعة على المماس وهذا كاف في تعيين اتجاهاها الذي يقل خطاه كلما قربت النقطة الثانية من الاولى

وقد يكون نصف قطر و العمودي على مماس س اص عموديا ايضا على عنصر الخط المنحني الذي يكون من نقطة ا على اتجاها المماس المذکور ويطلق اسم الخط العمودي على الخط النازل عمودا على المماس فلذا كان نصف قطر الدائرة عمودا على المحيط

ثم ان ارباب الفنون يستعملون كثيرا خواص المماسات والاعمدة في تحديد اشكال محيطات الخطوط والسطوح

ولذا ركزوا كيفية رسم المضلعات المنتظمة بواسطة مماسات الدائرة فنقول لنفرض مضلعا منتظما كضلع ا ر ث د ه ف الخ (شكل ٣) فحيث ان نقطة و هي مركز هذا المضلع بنج وا = ور = و الخ وكذلك ا ر = ر ث = ث د الخ فاذا نكون مثلثات او ر و ر و ث و ث و د متساوية فتكون اعمدة وا و وب و و ث النازلة من نقطة و على ا ر و ر ث و ث د الخ متساوية ايضا فاذا نكون مماس الدائرة المرسومة من نقطة و المجعولة

مركز بواسطة نصف قطر  $وا = وب = وث = ود = الخ$   
 هو سائر اضلاع المضلع المذكور وهو  $ا ب ث د ه الخ$   
 ويقال ان كل شكل مضلع مثل  $ا ب ث د ه الخ$  يكون مرسومًا خارج  
 دائرة  $ا ب ث د ه الخ$  فمن ثم كان كل شكل مضلع منتظم يقبل الرسم  
 خارج الدائرة

ومن الجلي ان محيط الدائرة يكون اكبر من محيط كل شكل مضلع مرسوم  
 في داخلها كمضلع  $ا ب ث د ه$  واصغر من محيط كل شكل مضلع مرسوم  
 في خارجها كمضلع  $ا ب ث د ه$  وان سطح الدائرة يكون اكبر من سطح كل شكل  
 مضلع مرسوم في خارجها

ولما اكثر المهندسون ضرب اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع سواء كانت  
 خارج الدائرة او داخلها واخذوا نصف القطر وحدة قياس حسبوا دائرتين  
 مختلفتين اقل من طول يمكن القياس معلوم بالآلات الهندسية وهذان  
 الدائرتان احدهما اكبر من محيط الدائرة والاخر اصغر منه

وقد رأوا من هذا القبيل اشكالا كثيرة الاضلاع منتظمة سطح احدها اكبر من  
 سطح الدائرة والاخر اصغر من سطحها ومغايرة لبعضها تقياسا اقل من القياس  
 المعلوم قبل ذلك فاذلك تراهم يرمزون لمحيط الدائرة التي نصف قطرها يساوي  
 وحدة القياس وكذلك لسطحها باعداد تقريبية جدا

ويمكن استعمال هذه الطريقة في تحديد محيط مسافة منتهية وفي تحديد سطحها  
 بأي نوع من الخطوط المنحنية

وهذه الطريقة الشهيرة تسمى عند المهندسين طريقة التحديد وبها يستعان  
 في البرهنة على كثير من التقاويم والقواعد الرياضية التي جعلناها من قبيل  
 الحدسيات القرية من الحقائق اليةينية فاذا اريد تفصيل سطح كروحي من  
 صفيح الحديد او من ورق المقوى بموجب محيط دائرة  $ا ب ث د$   
 كما في (شكل ٣) نبتدى برسم شكل مضلع خارج الدائرة بواسطة  
 خطوط مماسة ثم نزيل بفارة او مبرد او مقراض او اي آلة مستقيمة الخطوط



زوايا  $\alpha$  و  $\beta$  و  $\gamma$  فيحدث عن ذلك شكل مضلع اضلاعه  
ضعف اضلاع الاول ويتفاوت قليلا عن محيط الدائرة فإذا استمر على إزالة  
الزوايا بهذا الوجه حدث مضلع اضلاعه متعددة الا انها صغيرة بحيث لا يمكن  
ادراك زواياها ولا رؤسها فعند ذلك يتم رسم الدائرة على احسن وجه

وفي عمل الابواب والشبابيك والقبوات الكاملة التقوس وغيرها يكون أهم  
و  $\theta$  المستقيمان (شكل ٤ و ٥) متصيين وعمودين على نصف  
القطر الافقي وهو  $\alpha$  و  $\theta$  (شكل ٤)  $\alpha = \theta$   
(شكل ٥) وبناء على ذلك يكون هذان المسندان المستقيمان مماسين للقبوات  
المذكورة في نقطة  $\alpha$  و  $\theta$

وفي قبوة  $\alpha \beta \theta$  المنكسة (شكل ٦) المصنوعة على هيئة اذن  
القبة ثلاثة اقواس دائرة وهي  $\alpha \beta$  و  $\beta \theta$  و  $\theta \alpha$  التي مراكزها  
وهي  $م$  و  $و$  و  $د$  مرتبة على هذا الوجه وهو

اولا تكون نقطتا  $و$  و  $م$  ونقطة  $ب$  التي هي ملتقى قوسى  $\alpha \beta$   
و  $\beta \theta$  خطا مستقيما وثانيا تكون نقطتا  $و$  و  $د$  ونقطة  $\theta$   
التي هي ملتقى قوسى  $\beta \theta$  و  $\theta \alpha$  خطا مستقيما ايضا فاذا كان  
خط  $س ب ص$  عمودا على  $و م ب$  وكان خط  $ز \theta ط$  عمودا  
على  $و د \theta$  فان هذين الخطين يصيران معا خطين مماسين احدهما لقوسى  
 $\alpha \beta$  و  $\beta \theta$  في نقطة  $ب$  وثانيهما لقوسى  $\beta \theta$  و  $\theta \alpha$   
في نقطة  $\theta$  وحيث ان هذه الاقواس المرسومة على هذا الوجه مماسها  
واحد فلا يرى في نقطة تلاقيها نوع من الزوايا

واذا اريد تعويض خط منحني باقواس دائرة قريبة الشبه منه بقدر الامكان  
بحيث يرى فيها اتصاله واستمراره فانه ينبغي ان تكون الاقواس المذكورة متصلة  
بعضها ببعض يكون لها مماس واحد في نقطة تلاقيها وسيأتى توضيح ذلك  
في الدرس الآتى

(بيان المستويات المماسية للسطوح) \*

لنصنع في سطح  $اع ب$  الخ بالتوازي لمستوى مفروض (شكل ٧) عدة قطوع مستوية مثل  $اب$  و  $ثد$  و  $هـ ف$  فنأخذ هذه القطوع في التناقص كلما قربت من حدود السطح حتى ينتهي امرها الى أن تصل الى نقطة  $غ$  التي تكون بمفردها على مستوى  $م ن$  الموازي لجميع القطوع المذكورة

ولنرسم على السطح المذكور عدة منحنيات مثل  $اع ب$  و  $اغ ب$  الخ مارة بنقطة  $غ$  وتمتد من هذه النقطة عدة مماسات للمحنيات المذكورة وحيث أنه يتعذر مرور خط مستقيم بين مماسين ومنحنين لزم أن تكون هذه المماسات موضوعة على مستوى  $م ن$

فلذا كان المستوى المماس في نقطة  $غ$  لسطح  $اغ ب$  ممثلاً على جميع المستقيمات المماسية في نقطة  $غ$  للمحنيات على اختلافها المرسومة من هذه النقطة على السطح المذكور ويلزم مع ذلك أن نستثنى النقط البسيطة كزأس المخروط وغير ذلك لكن هذه النقط هي دائماً مستثنيات على السطوح أي لا يلتفت اليها

ولنمثل لذلك بالكرة فنقول تكون قطوع  $اب$  و  $ثد$  و  $هـ ف$  المتوازية (شكل ٨) دوائر مركزها  $د$  و  $و$  و  $ز$  موضوعة على خط مستقيم وهو  $و و$  الخ  $غ$  عمودى على مستوى سائر الدوائر وماربج مركز الكرة فإذا مددنا من نهاية نقطة  $غ$  لهذا المستقيم مستوى  $م ن$  موازاً للمستوى القطوع وعمودياً على  $و غ$  فانه يصير مماساً للكرة

وبيان ذلك أن كل نقطة من هذا المستوى تكون أبعد عن المركز من نقطة  $غ$  فنكون ضرورة خارج الكرة فإذا ن لايمس المستوى المذكور الكرة إلا في نقطة  $غ$  وكل مستوئتين  $م ن$  و  $غ$  يقطع الكرة في دائرة قطرها  $غ$  و  $غ$  ومماسها في نقطة  $غ$  عمودى على  $غ$  و  $غ$  والاعادة التي في نقطة  $غ$  على مستقيم  $غ$  و  $غ$  موضوعة في المستوى العمودى على الخط

المستقيم المذكور ومارة بنقطة ع فاذا ن يحتوى المستوى المماس وهو  
 م ن على جميع مماسات دوائر انصاف النهار التي قطرها غ و غ  
 ونظير ذلك في سهولة البرهنة عليه هو ان كل دائرة صغيرة مرسومة  
 على الكرة من نقطة غ يكون مماسها في هذه النقطة موضوعا ايضا  
 على م ن

وكل خط مستقيم مثل خط غ و غ (شكل ٨) عودى في نقطة ع  
 على المستوى المماس سواء كان في السطوح او الخطوط يسمى بالخط  
 العمودى

ولنطبق هذه المسائل الاولى على السطوح بانواعها التي تقدم ذكرها  
 في الدروس السابقة فنقول

\*(بيان المستوى المماس للاسطوانة)\*

لنفرض اسطوانة كاسطوانة ا ب ث ا ر ث (شكل ٩) المنتهية  
 بقاعدتين موضوعتين في مستويين متوازيين سائر خطوطهما المتقابلة  
 متوازية ايضا فاذا كان ب ر ضلعان مماسى م ب ن و م ر د  
 للمختشين في نقطتي ب و ر يكونان متوازيين ومن هذا القبيل كل  
 خط مثل م ر د مماس للمختي ا ر د الموازي للقاعدتين المذكورتين  
 حيث ان نقطة ر موضوعة على ضلع ب ر ويحدث عن تسلسل  
 مماسات م ب ن و م ر د و م ر د المتوازية التي تمر بضلع  
 ب ر الذي هو خط مستقيم مستوي يكون مماسا للاسطوانة في سائر  
 امتداد الضلع المذكور

\*(بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية)\*

قد يصنع الخباز الذي يدبر نشابته بالتوازي من العجين مستويا يكون مماسا  
 بالتدريج لكل ضلع من اضلاع السطح الاسطوانى للنشابة  
 وكذلك البستانجي في عمل طرقات البستان وحياضه فانه يصل الى النتيجة  
 المذكورة بتدوير الاسطوانة المسماة بالزخافة على تلك الطرقات والحياض

فكلما تم مدت الارض واستوت صارت مماسة للزحافة في امتداد الاضلاع  
المحتلفة لهذا السطح

وقد يعلق العربات صانعيها بواسطة سيور من الجلد من كل جهة (شكل ١١)  
فتكون هذه السيور تابعة للداثر الاسفل الاسطوانى من صندوق العربة  
وتمتد بحيث يكون سطحها الاعلا على هيئة سطح مماس لصندوق العربة  
فاذا اهتز الصندوق من الامام الى الخلف فانه امان يتقدم او يتأخر على المستوى  
المماس المذكور الذى لا يعتبر به اهتزاز من احدى جهتيه دون الاخرى  
لكونه على حدسوا من الجانبين ومثل هذا الاهتزاز مفرع لكونه يحصل على  
حين غفلة في العربات الغير المعلقة

\*(بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية)\*

انذكر هنا الطريقة التى ذكرناها في الدرس الذى تكلمنا فيه على الاسطوانات  
من حيث تفصيل مجسم صلب يكون سطحه اسطوانيا فنقول نرسم القاعدة  
على طرفي قطعة من الخشب او الجير براد نحتها على هيئة شكل اسطوانى ثم نرسم  
شكلين مضلعين مرسومين خارج الدائرة على هاتين القاعدتين وزيادة على  
ذلك تكون اضلاعهما المتقابلة متساوية ومتوازية ثم نمر بواحدة المنشار  
او الفارة او اى آلة صالحة لتفصيل السطوح بمستويات بين الاضلاع المتوازية  
من المضلعين المذكورين فيحدث عن ذلك منشور ذو اضلاع كثيرة مرسوم  
خارج الاسطوانة وذلك لان اوجبه المتنوعة تكون مماسة لسطح الاسطوانة  
فاذا ازلنا بالمنشار او الفارة ونحو ذلك اضلاع المنشور صنع مستويات جديدة  
مماسة للاسطوانة فكلما كثرت هذه المماسات اخذت المناشير المطلوب عملها  
في مماثلة الاسطوانة ومسابتها

\*(بيان المستويات المماسية للمنحروط)\*

اذا ممدنا ضلع ض ا ب ث على المنحروط (شكل ١٢) فان جميع  
الخطوط المماسية في نقط ا ب و ث للقطوع المتوازية وهى  
ا ا ب ر و ث ث تكون موازية لبعضها ويحدث عن جميع هذه

## المماسات مستوى ح ح م ن ص ا ب ث

\*(بيان اجراء العملية)\*

يسوغ لنا بواسطة خاصية المخروط عند رسم كثير الاضلاع المرسوم خارج القاعدة أن نرسم شكلا هرميا اوجبهه مماسة للمخروط في سائر طرفيها فاذا اصلحنا على التوالي بالمتشاراوالقارة لوقوعهما اضلاع شكل الهرم المذكور لتعشقها بمستويات جديدة مماسة فان عدد اضلاعه يأخذ في الزيادة فينتد يكون رسم السطح الذي هو عبارة عن المخروط مضبوطا على الوجه المطلوب (راجع الدرس العاشر)

\*(بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة)\*

اعلم ان الخاصية الموجودة في المستوى المماس وهي كونه يمس الاسطوانة والمخروط في جميع امتداد ضلع من اضلاعهما ثابتة ايضا للسطوح المنتشرة على اختلاف انواعها ويمكن اعتبار هذه السطوح كأنها مصنوعة من عدة اوجه صغيرة مخروطية ضيقة جدالها مثل اوجه المخروط مستويا واحد مماس لطول كل ضلع من اضلاعهما ويمكن مر ووسطح منتشر بين منحنيين معروضين بان نرسم خارج هذين المنحنيين عدة اشكال مضلعة كالمستوى الذي يتر في آن واحد بكل ضلع من اى مضلع كان فيكون هذا المستوى مماسا للسطح المنتشر واذا استمر على اصلاح الاضلاع الحادثة من تلاقى هذه السطوح فان اضلاع الاشكال المضلعة المرسومة خارج المنحنيين والاوجه المستوية المماسية للسطح المنتشر المراد تحصيله تزداد وتكثر

\*(بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان)\*

اذا وضعنا اسطوانتين قائمتين مستديرتين مثل ا ب ث د و ب ث ه فجوار بعضهما (شكل ١٠) بحيث يكون محوراها متوازيين وبمد هما يساوى مجموع انصاف اقطار قاعدتيهما فان هاتين الاسطوانتين يتماسان في جميع امتداد ضلع ب ث وحينئذ يكون للسطحين

خماس واحد في امتداد هذا الضلع ولنفرض الآن ان في كل من مقدم الاسطوانتين ومؤخرهما لوحا اقليبا اتجاها اعلاه هو عين اتجاها هذا المستوى فاذا وضعنا اللوحا معا دنيا على احد اللوحين وجعلناهما يمر بين الاسطوانتين اللتين على بعد واحد من بعضهما فان اللوح المعدني يجهد بحيث يكون الوجهان المتوازيان مستويين مماسين فالوجه الاعلا يكون مماسا للاسطوانة العليا والوجه الاسفل يكون مماسا للاسطوانة السفلى وعلى ذلك تكون عملية جلب الاالواح المعدنية بواسطة الاسطوانات مبنية على خاصة المستويات المماسية للسطوح الاسطوانية

\*(بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان)\*  
اذا كان الاسطوانة ك اسطوانة ا ب ح د ومخروط ك مخروط ا د ه (شكل ١٣) ضلع واحد مثل ا ب ولهما في د مماس واحد وهو م خ فان المستوى الممتد من م خ ومن ضلع ا د يكون في آن واحد مماسا للمخروط وللأسطوانة في سائر امتداد ضلع ا د فلذن تكون الاسطوانة والمخروط المذكوران مماسين لبعضهما في سائر امتداد ضلع ا د

وقد يستعمل المذادون والسمك كرية والخاسون الخاصة المذكورة في تقويس الواح الخحاس والصفيح على هيئة اسطوانية فيضعون اللوح بحيث يكون اتجاها ضلاع الاسطوانة هو عين اتجاها ضلع السن المخروط من لبلابة السندان المرموز لها بحروف ا د ه ثم يقوسون ايضا بواسطة مطرقة طرفها مقعر على صورة اسطوانية اللوح في سائر طول الخط المستقيم الذي بموجبه يس المخروط اللوح المطلوب تقويسه فبذلك يتحققون من ان سطوح الواحهم اسطوانية وبهذه المثابة تكون صناعة السطح المخروطي وكل سطح منتشر بشرط الزيادة والنقصان في تقويس اللوح المعدني تدريجا بقدر بعددق المطرقة على ضلع الالتحام وهو ا د من رأس ا او قربه منه

\*(بيان الاسطوانات المماسية والمكتنفة بسطوح آخر)\*

اذا فرض ان خطا مستقيما موازيا دائما لاتجاهه الاصلى ياخذ في الامتداد وهو باق دائما على مماسة سطح مفروض فانه يحدث عنه اسطوانة تكون مماسة للسطح المفروض في جميع التسلسل الناتج عن نقط التماس الموجودة بين اضلاع الاسطوانة والسطح المذكور

\*(بيان الاسطوانات التي تكتنف الكرة)\*

لفرض ان هناك كرة مثل  $ا-ب-ج$  (شكل ١٤) وان هناك خطا مستقيما مماسا دائما للكرة يتحرك وهو مواز لمحور عمود من مركز الكرة فيحدث من هذه الكيفية اسطوانة قائمة مستديرة تمس الكرة في جميع امتداد دائرة  $ا-ب-ج$  الكبرى وبذلك يمكن تقدم الكرة في الاسطوانة اوتأخرها بان تكون مماسة لها بلا انقطاع في دائرة موازية لدائرة  $ا-ب-ج$  وعمودية على محور الاسطوانة

\*(بيان اجراء عملية ذلك)\*

لخاصية التي ذكرت آنفا مدخل عظيم في الفنون فكلما وجه الانسان كرة بالنظر نحو مستقيم مثل  $س-و-ص$  فانه يجعلها تتحرك في الاسطوانة المكتنفة بها وتتمسك في جميع جهاتها

وهذه هي القاعدة التي نشأ عنها شكل اسلحة النار كالبنديق والطبنجات والمدافع والابوس والاهوان التي صورة سطحها الداخلي كصورة الاسطوانة القائمة المستديرة واما الرصاص والكلل والقنابر ووجه الابوس التي يراد احكام اتجاهها فهي اكر تتبع عند رميها اتجاه محور الاسطوانات

\*(بيان معيار الاكر)\*

لاجل ان نتحقق اولاً ان الكلل ليست كبيرة القطر بحيث يمنع ذلك من دخولها في الآلة المعدة لها وثانياً انم ليست صغيرة جدا بحيث لا يحصل معها اضطراب الرمي وتحريره تستعمل نظارات (شكل ١٥) ليست الاسطوانات مستقيمة مستديرة اضلعها صغيرة جدا فيمسك الطبجي باحدى يديه قبض

النظارة وهو  $\overline{A}$  و  $\overline{B}$  ويدبر بالآخرى الكلال على سائر جهاتها  
لينظر هل يمكن ادخالها في النظارة المذكورة ام لا وهل في الصورة الثانية  
يكون بينها وبين النظارة فراغ ام لا وهذا هو المسمى بكيفية معرفة عيار  
الكلال

\* (بيان اجراء العملية في الظلال) \*

يشاهد في الكائنات كل وقت صورة على شكل السطوح الاسطوانية  
المصنوعة من الخطوط المستقيمة الموازية لبعضها المماسية لسطح واحد  
فاذا كان جسم محدّد بسطح منحن مضياً بالشمس وكان غير شفاف فانه يجلب  
الضوء عما وراءه وتكون الاشعة الفاصلة بين الظل والجزء المضيء بالشمس  
هي ضرورة عين الاشعة التي تمس ذلك الجسم بدون ان يجيبها فهذه الاشعة  
المتوازية تكون مماسة لسطح الجسم فاذا نحدث عن مجموع النقط التي تحدّد  
الظل المنعكس في الفراغ جسم اسطوانى جميع اضلاعه مماسة لذلك الجسم  
ويحدث ايضا عن مجموع نقط تماس سطح الجسم والاسطوانة التي تحدّد الظل  
المنعكس بهذا الجسم خط منحن وهو الخط الفاصل بين الظل والضوء على سطح  
الجسم المضيء

واذا اردنا أن نحدّد على مستو ما مع غاية الضبط ظل أى جسم كان فانه ينبغي  
انشاء الاسطوانات المصنوعة على هذه الكيفية بمماسات لسطح الجسم موازية  
لاتجاه اشعة الشمس المفروض ثم تحدّد تقاطع هذا السطح الاسطوانى بسطح  
الاجسام المنعكس عليها الظل وهذا مبحث مهم جد للمعمرجى والراسام  
فاذا قدمنا واخرنا الجسم المضيء مواز بالنفسه في اتجاه عين باشعة اشمس  
فان كل نقطة من نقطه ترسم خطا مستقيما موازيا لهذه الاشعة فاذا ن تكون  
جميع نقط الجسم الموضوعة على الاسطوانة التي تحدّد الظل المنعكس على  
الجسم تابعة لاتجاه الاشعة المذكورة المماسية بلا انقطاع لسطح الجسم ولا تزال  
الاسطوانة تحدّد الظل المنعكس بالجسم وهذه الاسطوانة التي تحتاطد آتما  
بالجسم في سائر اوضاعه تسمى بالنسبة له سطحاً مكتنفاً



فعلى ذلك تكون الاسطوانة القائمة هي السطح الذي يكتشف الكرة المتحركة على  
خط مستقيم والباقية دائماً على قطر واحد وعليه فتكون خزانة المدفع واليهون  
سطحا يحيط بالفراغ المقطوع بالكرة

ويمكن ان يحفر في اى جسم سطح اسطوانى يكتشف الكرة التى نصف قطرها  
لا يتغير ويكون مركزها متحركا على خط مستقيم كما يحصل ذلك عند ضرب  
الرصاص في جسم لين غير سريع الانكسار

وبعكس ذلك يمكن أن نصنع كرة بتدوير اسطوانة ماحول خط مستقيم عمودى  
على محورها ومار به وبموجب وضع الاسطوانة يكون محورها مماسا لدائرة  
كذلك دائرة نصف النهار فيحدث عن اجتماع دوائر انصاف النهار نفس الكرة  
المذكورة فاذا فرضنا ان دوائر انصاف النهار المذكورة مرسومة على القرب  
من بعضها امكن ان نضع عوضا عن الاسطوانة المماسية اضلاع اسطوانية  
منحصرة بين دائرتى نصف نهار متواليتين فيكون هذان مصادقات المساعدة  
التقريرية التى ذكرناها فى الدرس الحادى عشر

وبالجملة قد تعمل الطرق المذكورة اولا فى رسم سطوح على اى شكل اتفق  
بسطوح آخر تمسها من جميع الجهات ويمكن تحريكها فى اتجاه مواز لاضلاع  
الاسطوانة وثانيا فى رسم سطح مابوا سطحة بجملة اسطوانات تمس فى كل  
من اضلاعها

### \*(بيان اجراء العملية فى فن النجارة)\*

اذ لزم للنجاران ينظم اجزاء بارزة بالخراطة على حسب محيط مركب من جملة  
خطوط منحنية فانه يأخذ فارة حديدية يكون على هيئة قطع شكل الخراطة  
وخشبها مفصل على حسب سطح اسطوانى قاعدته القطع المذكور ثم يحرك  
فارة ويجعلها مماسة دائماً للمحيط الذى يتبعه الخطوط فى هذه الحركة يصير  
السطح الاسطوانى للفارة بالتوالى مماسا للخراطة المصنوعة فى سائر امتداد القطع  
الناتج من حديد الفارة وتكون الخراطة هي السطح المكتشف للاسطوانة التى  
ينها خشب الفارة

وقد ظهر لنا من السطوح المخروطية ملحوظات ونتائج متشابهة  
فنفرض اننا اتخذنا نقطة مفروضة مثل ض (شكل ١٦) على كرة و جميع  
عماسات ض أ و ض ب و ض ث الخ الممكنة فيحدث لنا مخروط  
قائم مستدير عماس للكرة المذكورة في سائر امتداد دائرة أ ب ث د  
المستعملة قاعدة للمخروط فاذا ادركنا دائرة أ ب ه الكبرى على محور  
ض و الممتد من نقطة ض ومن مركز الكرة وهو و حدث عن  
الدائرة المذكورة الكرة وعن عماسها وهما ض أ و ض ب المخروط  
المذكور

فاذا تحرك مركز و على محور ض و مع ازدياد نصف قطر الكرة  
او نقصانه بالنسبة الى بعده من نقطة ض فانه بالنظر لخاصية الاشكال  
المتشابهة تكون اضلاع ض أ و ض ب و ض ث الخ من  
مخروط ض أ ب ث د عماسة لدائرة المتقدمة فاذا كان هذا المخروط  
محتويا على المسافة التي تقطعها الكرة المتحركة مركزها على خط مستقيم ويزداد  
نصف قطرها او ينقص بالنسبة لبعدها عن مركز من نقطة ثابتة من نقط الخط  
المستقيم المتقدم

واذا جعل محل الكرة سطح منحني حيثما اتفق امكن ان نرسم من كل نقطة  
موضوعة خارج السطح المذكور جميع الخطوط المستقيمة التي تكون اضلاعا  
للمخروط الذي يمس السطح المذكور في كل من اضلاعه فاذا كانت النقطة  
المجمولة رأسا للمخروط نقطة مضيئة فان المخروط المصنوع على الوجه المتقدم  
يبين خلف الجسم حد الظل المنعكس بالجسم المذكور واذا رسمنا مع الدقة حد  
الظل المنعكس بالجسم المتقدم على اى سطح كان لزم تعيين تقاطع هذا السطح  
مع المخروط المحدد للظل الحادث من الجسم المنير

\*(بيان الكسوف)\*

اعلم انهم توصلوا بتطبيق هذه القاعدة على علم الهيئة الى تحديد شكل الكسوف  
ومقداره ونفرض ان القمر في مروره بين الارض والشمس يكاد يكون على

خط مستقيم فإذا فرضنا ان القمر والشمس كرتان قانا ترى مخروطة قائما مستديرا  
محتويا على الكوكبين المذكورين ويعين في السماء هذا الظل المنعكس بالقمر  
وكما مكنت الارض تمامها خارج هذا المخروط المظل فان الشمس لا تنكسف  
بخلاف ما اذا دخل جزء منها في المخروط المذكور فان هذا الجزء يمنع عنه ضوء  
الشمس وتنكسف الشمس بالقمر وهذا هو المسمى بالكسوف وإذا عينا  
في كل لحظة من مدة الكسوف وضع كل من الكواكب الثلاثة على حدة  
وتقاطع سطح الارض مع المخروط المحتوي على الشمس والقمر فان هذا  
التقاطع بين على الارض مسافة ما ويلحق الاماكن التي في هذه المسافة  
الكسوف الكلي في الحالة المذكورة وبالجملة اذا رسمنا جميع التقاطعات  
المفروضة في الاوقات المختلفة التي يستغرقها كسوف واحد فان النقط التي  
تكون خارجة عن تلك التقاطعات المتنوعة لا يحصل لها الكسوف الكلي  
واما النقط الاخر فانه يحصل لها ذلك ويمكث مدة طويلا او قصيرة بهذه  
الطريقة يؤخذ من الهندسة جميع الاحوال التي يحصل فيها كسوف الشمس  
وتعين بهما مع السهولة الاحوال التي يخسف فيها القمر  
فاذا كان مخروط قائم مستديرا ينكسف سطح الارض والشمس معا فانه ان دخل  
القمر في المخروط المظل المنعكس بالارض حصل للقمر خسوف وان دخل  
القمر بتمامه في المخروط كان ذلك هو الكسوف الكلي واما اذا لم يدخل في ذلك  
المخروط الاجزاء من القمر فان ذلك يكون خسوفا جزئيا وفي هذه الصورة  
الاخيرة نعرف في اي زمن فرضناه شكل الكسوف ومقداره بتحديد تقاطع  
الخط المحيط بالشمس والارض مع سطح القمر  
واذا فرضنا جسما حيثما نفق ومددنا عليه كاهن في شان الشمس اشعة نظرية  
مماسية له فان هذه الاشعة تعين على هذا الجسم حدد النقط التي يمكن مشاهدتها  
وهذا ما يسمى بالمحيط الظاهري للجسم الذي فرضناه  
وفي التصوير يرسم على سطح اللوح المحيطات الظاهرية لاي جسم كان وهذا  
هو تقاطع ذلك السطح مع سطح المخروط الذي اضلاعه مماسة للجسم المذكور

ورأسه موضوعة في مركز النظر فاذن تكون معرفة المخاريط المحيطة  
بالاجسام لازمة لزوما ضروريا في تصوير الاجسام المنتهية بخطوط  
مستقيمة

ومتي اضافت كرة منيرة مثل وا - (شكل ١٩) على كرة اخرى مظلمة  
مثل واب اممكن ان تتصورا ولا مخروطين مثل ض ا ا ب -  
يكشف الكرتين معا ويرسم على كرة واب خط الانفصال الذي بين الظل  
والنور ويمكن ايضا ان تتصور مخروطين ا ن ا س ل م ط م ن موضوعا  
بين الكرتين المذكورتين فتكون مسافة م ن المنصورة في هذا  
المخروط الذي فوق الكرة الواقع عليها الضوء مشرقة على الكرة المنيرة بتمامها  
غير انه لا يمكن ان نشاهد من كل نقطة من مسافة ا م ن ب الاجزاء  
واحدة من الكرة المضيئة فاذن يكون هنالك ظل جزئى ويسمى عند ارباب هذا  
الفن بالاسم المذكور فاذا اريد رسم ظل عدة اجسام مع الدقة لزم ان نبين مع  
غاية الاهتمام الظلال وما استضاء منها من الظلال الجزئية ويتوصل الى ذلك  
بطرق تشبه الطرق التي ذكرناها آنفا

فلولم يكن سطح ا د ر و ا و ب متشابهين لما يمكن ان المخروط الواحد  
يحيط بهما معا على وجه التماس بل يكون سطحهما متشرا يمكن رسمه بان نفرض  
ان اى مستوي مماسا للسطحين المذكورين معا ويرسم مع التعاقب جميع  
الاولى مع الملازمة لذلك ونصل في كل وضع بالخط المستقيم النقطتين اللتين يكون  
قعر المستوي مماسا للسطحين فيحدث عن مجموع هذه الخطوط المستقيمة سطح  
منتشر يكون فاصلا بين الظل والنور من الظلال واجزائها المستنيرة على  
ما يقتضيه وضع الظل خارج الجسم المنير والجسم الواقع عليه الضوء او مروره  
بينهما ولقد تأسفت على كون ما اودعته في هذا الكتاب المختصر من الحدود  
والمبادئ يمنع من التطويل في الكلام على هذه الخواص المستحسنة المتعلقة  
بالسطوح المنتشرة

واذا اريد تحصين اى ثغر فانه ينبغي تحصين خارجه بحيث لا يمكن في مسافة

مرى المدفع ان ترى مع الاستقامة جسما من الاجسام المعدة للرمية فوق  
بسطة الحصون التي عليها المحافظون فتصور سطحا منشرا عماسا لسايق  
الحصن ولرأس الارض التي تكتنف الثغر بقدر مرمى المدفع وينبغي ان لا يقطع  
السطح المنتشر بالكلية الارض التي فيها المحافظون ولا السطح المرتفع عن  
الارض بقدر قامة الانسان المعتادة فاذا وفي بهذا الشرط فان داخل الثغر  
يسمى سردابا ومضيقا ولهذا سميت القواعد الهندسية المستعملة للتوصل الى  
هذه النتيجة بقواعد عمل المضيق

ويكثر استعمال الخاريط المكتشفة في الفنون لتحديد اشكال الاجسام فان صانع  
القباب يستعمل نضلة مستقيمة حادة مشدودة من احد طرفيها بنقطة  
ثابتة ومن الطرف الاخر لها قبضة يقبض عليها يده اليمنى ويحرك يده  
اليسرى وضع قطعة الخشب التي يريد صنعها ثم يقطعها بالاكّة المذكورة فينشأ  
عن هذا القطع في كل مرة سطح مخروطي مماس للقباب في جميع امتداد خط  
مخمن وينتج عن مجموع هذه الخطوط المنحنية المقطوعة بهذا الوجه عين سطح  
القباب وهو السطح الذي يكتشف جميع الخاريط المرسومة بالاكّة  
المذكورة

واذا اراد الخراط صناعة جسم على صورة سطح دوران فانه يأخذ اولاً  
اكّة قليلة العرض ليصنع بها قطوعا تسكاد ان تصل الى محيط هذا السطح ثم يأخذ  
مقراضا مستويا متساويا يحمله في اتجاه مماس للمحيط الذي يكون للسطح  
المذكور فكل ما يضع المقراض في محل يرسم بواسطته مخروطا ويحدث عن مجموع  
هذه الخاريط المصنوعة بنقل الاكّة قليلا قليلا واتجاهها عدة مناطق  
مخروطية مماسة لسطح الدوران في سائر جهانه وتلك المناطق مظهر فة  
في الخاريط وناشئة عنها

وقد تكون جلب البراميل والمصارى المجمعة مخاريط مماسة لسطوح الدوران  
المستعملة في الصواريخ والبراميل  
ومن الطرق المتنوعة المستعملة في رسم السطوح ما يزيد في استطالة اى جهة

من الجهات وزاداتها على اصلها قليلا وكثيرا فتقل منفعتها او تكثر على حسب ما تقتضيه ضرورة نتائج الصناعة

ولنتكلم الآن على السطوح المكثفة التي يمكن صناعتها بثنى بعض خطوط توصل بها السطوح المراد جعلها مكثفة فنقول

لنفرض خطا غير قابل للامتداد يدل على محور اسطوانة او مخروط مستدير او غير ذلك من سطوح الدوران ولنفرض ايضا ان المطاوب ربط مركزى كره بهذا الخيط يكتنفها اسطوانة على وجه التماس او مخروط او غيره من سطوح الدوران ثم نثنى الخيط المذكور على حسب خط منحني فلا يكون السطح المكثف لجميع الاكر على شكل اسطوانى ولا مخروطى ولاى سطح دوران كان وانما يكون سطحا مركبا من جملة دوائر كل واحدة منها تكون مشتركة بين الاكر والسطح المكثف

ومتى انثنى محور الاسطوانة كان السطح المكثف مصنوعا من جملة دوائر مساوية للدائرة الكبرى من الاكر المتساوية التي كانت في مبداء الامر محاطة بالاسطوانة المذكورة ثم ان مستوى هذه الدوائر يعودى على المنحنى الحادث عن المحور المنثنى ومركزها موضوع على هذا المحور

ثم ان اعوجاج الالمبق هو من قبيل السطوح المكثفة يتكون اولا من انثناء محور الاسطوانة على حسب محيط شكل حلزوى اسطوانى وثانيا من غلاف جميع الاكر المتساوية التي مراكزها موضوعة على هذا المحور وكذلك القبوة المستديرة من السلام الدائرة المنعطفة تصكون غلافا للذكر المتساوية التي مراكزها على محيط شكل حلزوى تكون درجه مساوية لدرج السلم

وعند برم الحبال ذات البتوت الثلاثة التي كل بت منها على حدة يكون ايضا البرم غلافا للمسافة المقطوعة بالدائرة التي مراكزها تابع للخط الحلزوى المرسوم في وسط البت

ومن دود الحرير وغيره من الهوام ما هو متركب من حلقات قصيرة شكلها

اسطوانى ومقاصله تنكش وتبسط على حسب ارادته وعند تلنى هذه الهوام  
يترأى ان جسدها لا يبقى على صورة واحدة ومع ذلك فلا بد ان يكون على صورة  
سطح من السطوح التى نحن بصدددها

واذا اتى محور الاسطوانة القائمة المستديرة على حسب دائرة انقلب الى سطح  
دوران وهو السطح الخلقى الذى تقدم ذكره فى الدرس الحادى عشر وذكرنا  
مستطبيه وكيفية رسمه

وللسطوح المحيطة بكرة نصف قطرها واحد لا يتغير خاصية وهى انه اذا قطعت  
اجزاؤها كل على حدته بسطح مستو عمودى على المنحنى الذى هو محل مراكز  
الكرة حدث عن ذلك شيان احدهما ان المستوى يكون من سائر جهاته عمودا  
على الغلاف والثانى ان القاطع يكون متحد القدر لانه هو الدائرة الكبرى للكرة  
المتساوية

واذا اريدت سير مقدار من الماء فى قناة ذات قطوع مستديرة لزم ان يكون قطع  
القناة واحدا من جميع جهاته اذا اريد سيره على حركة واحدة فى جميع اتجاهه  
بحيث لا يعترضها اختلاف ولا توقف فى اى مكان كان وينبغى حينئذ ان يكون  
سطح القناة المذكوكة وغلافا للكرة التى نصف قطرها ثابت وينبغى ايضا ان يكون  
قطع القنوات المعدة لجرى المياه على شكل منحنى او مضلع مسطحة ثابت  
لا يتغير وكذلك ينبغى لاجل انتظام ذلك وسهولة العملية ابقاء القطع على شكل  
واحد ما عدا الاماكن التى يتعذر فيها ذلك لوجود مانع لا يمكن ازالته

وسنذكر فى الكلام على مراكز الثقل فى الجلد الثانى (عند ذكر الآلات)  
طريقة سهلة فى تحديد حجم الاجسام والابعاد المحددة بسطوح القنوات التى  
ينفذها قريبا وانما نذكر هنا طريقة مختصرة سهلة المأخذ مضبوطة كثيرة  
الاستعمال فى القنوات فنقول

قد يصنع الحداد والمرصان وصانع الزجاج وصانع القرفورى والنحاس من  
محصولات صناعتهم اشياء كثيرة على شكل سطوح القنوات فانهم يصنعون  
اولا مناسيرا واسطوانات مصمتة او مجوفة ويجعلون لها نوع انعطاف وغرضهم

من ذلك ان تبقى الاجسام التي يثنونها بهذه الكيفية على شكلها الثابت الذي عليه القطوع المعترضة.

ومن هذا القبيل الذي نحن بصدده الابزيمات والحلقات والاطواق المتخذة من الحديد والنحاس وغير ذلك وبريمات السدادات واليايات التي على شكل حلزوني والقضبان الملتفة لفلانحنيا والانابيب وزجاجات البارومتر واوردة الاجسام البشرية

وقد ذكرنا في الكلام على تقاطع السطوح انه يمكن رسم السطوح المضاعفة الانحناء بالحلقات والخرجات الاسطوانية او المخروطية كخدع الاعداء مثلا وانما ينشأ عن هذه الطريقة في السطوح القنوية خلل وهو ان جهة الطول تكون غير متصلة ببعضها وان القطوع في الجهة المعترضة تكون غير ثابتة

وهنا الممدن يصنع فيها السجكرية والنحاسون الصفايح المعدنية صناعة مخصوصة فيجعلون لها المنعنا مضاعفا ويقيمون قطعها على انتظامه واستمراره في جميع اجزائه وسجكرية مدينة ليدون في هذا المعنى امهر من سجكرية مدينة باريس

ثم ان مهندسى القساطر والجسور لهم في رسم الاجزاء المنحنية من قنواتهم قواعد هندسية مخصوصة والقصد منها ابقاء التقاطع على شكله الثابت وجعل صورة الاشياء التي يرسمونها عمودية من جميع الجهات على سطح القناة

وعوضا عن ان نفرض ان سطح الجسم الثابت يقطع بعض مسافات يطلب البحث عن غلافها نفرض ان السطح المتحرك يتغير مقدار مبدون تغير شكله

والاسهل في ذلك الكرة التي تكلمنا عليها في (شكل ١٦) لان نصف قطرها يتغير بخلاف مركزها فانه يقطع خطا مستقيما وقد تقدم لنا ان الغلاف هو سطح دوران وان كل كرة يمسها ويحيط بها سطح الدوران المذكور على حسب اى دائرة لان هذه الدائرة متوازية ويجدث عن تعدد الدوائر المتوازية سطح الدوران

ولنفرض الان ان مركز هذه الكرة ثابتة على محور سطح الدوران فنحنى هذا



المور على حسب خط منحني ايا ما كان فيختلف عظم الغلاف الذي حدث في الاكر باختلاف نفس الاكر المذكورة الا انه يمس ويحيط دائما كل كرة على حسب الدائرة وفي الكائنات كثير من نوع هذه السطوح فان الثعبان اذا امتد على الاستقامة كان شكله سطح دوران شبيها بسطح المخروط الممتد وكلما ثني عرض لسطح جسمه شكل جديد ومع ذلك فيحدث عنه دائما غلاف بجملة من الاكر التي يمكن للانسان ان يتصور انها مجاطة على وجه التماس بسطح جلده

ولما كان شكل الثعبان له اثنتا عشرة فتحة على راسه اربعة ارباب الفنون حيث جعلوا على شكله آلة المويستي التي تسمى بالسربان (شكل ١٧) والنفير (شكل ١٨) ونفير الصيد (شكل ٢١) وبريمات السدادات وغيرها فاذا فرض ان الثعبان ينثني على شكل حلزوني بحيث يكون ذنبه مركزا كما في (شكل ٢٠) كان سطح جلده مشابها لسطح كثير من الصدوف على اختلاف انواعه

ثم ان اغلب اطراف قرون الحيوانات على شكل سطح من السطوح المذكورة (شكل ٢٢)

وقد جعل ارباب الفنون على شكلها جملة من آلات المويستي كنفير الجيوش الخفيفة فان سطحه من هذا النوع وكذلك بوق انعكاس الصوت فانه ايضا على هذا الشكل

ولا اجل صناعة آلات الالحان التي نغماتها جامعة بين الدقة واللطافة يلزم ان يكون سطحها المنحني ممتدا ومتناسقا وعليه فيجب ان ينتخب لصناعتها طرق تبقى هذا التناسق في جهة الطول التي بموجبها يندفع الهواء في الآلة وفي الجهة المعترضة التي يكون القطع فيها دائما مستديرا

وقد نستعمل الطرق المتنوعة التي ذكرناها في عمل جملة من السطوح لمعرفة صحيح الطرق المستعملة عند صناعات الآلات السابقة من فاسدها وتبديلها في الغالب بطرق اخر اصح واضبط منها

\*(بيان اجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك)\*

لا يكتفى ان تقتصر في الفنون على ان تحصل بواسطة الطرق البديعة صحة الاشكال سواء بلغت الغاية اولابل ينبغي ان السطوح المصنوعة بهذه الطرق ولو كان الغرض منها مجرد سرور الناظر تكون متناسقة مصقولة بحيث يكون انتظام ذلك ورواقته مستلزما لزيادة قيمة محصولات الصناعة ومن ثم ظهرت العمليات الاخيرة المستعملة في جلة من الفنون للصقل والجلي وغير ذلك ولهذه العمليات عند اجرائها حركات يرسم فيها الجسم الصاقل سطوحاً مماسة للجسم المراد صقله بحيث يكون الجسم الاخير غلافاً للمسافات المقطوعة بالجسم الاول

واذا اقتضى الحال جلاء مسورة بندقة فالتناضع قطعة خشب مستوية جيدة الصقل مماسة للخروط الناقص الذي هو عبارة عن ظاهر البندقة ونسيرها على حسب اتجاه اول ضلع من المخروط فتكون حيثئذ المسافة المقطوعة هي المستوى المماس للخروط وتكرر هذه العملية في سائر اضلاع المخروط يكون ذلك المخروط غلافاً لجميع المستويات المماسية فاذا نيم جلاء البندقة

ولاجل صقل الكرة نضعها في اسطوانة بحيث يمكن تقديمها وتأخيرها وتقليبها على سائر جهاتها ولا مانع من وضعها على دولاب يرمحوره بمركها ثم نديرها تحت آلة صقل مستوية نوضع تدريجاً في مواضع مختلفة مماسة لهذا السطح في هذه الكيفية نصقل الكرة بواسطة المخاريط التي غلافها تلك الكرة

وتصقل المرأة الكبيرة بمسحها بسطوح يكون مستويها المماس في جميع اوضاعها هو المستوى المراد صقله ومن هذا القبيل انواع الزجاج المستوية والكروية المستعملة عند صناعات آلات النظر في عمل آلاتهم

واذا سمح نجار السفن واصلح بقدمه جانب السفينة فانه يزيل كلما ضرب بهذه الآلة الخشب الزائد على حسب شكل سطح دوران مماس للسطح المراد تصلحه اعني سطح السفينة المصقول ويكون هذا السطح في الحقيقة غلافاً لسطوح الدوران الحادثة من ضرب القدم

واعلم ان ما ذكرته لك وان كان موجزا مختصرا جدا الا انه يكفي ارباب القنون ان يستنبطوا منه ان الاشكال الهندسية التي تميز الخطوط من السطوح يطبق عليها بدون واسطة العمليات المتنوعة المهمة في اغلب القنون وانه لعدم التفاتنا الى اشكال المحصولات الطبيعية والصناعية لم نشاهد فيها الاشكال الهندسية وخواصها وطرق الرسم واجراء العملية التي تنتج عن هذه الخواص التي لا تخلو عن مدلول

ومضى التفت الصانع بالكلية الى تلك الفائدة الناشئة عن النظر في صور الاجسام تفرغ لعرفتها وادوم على تذكارها بحيث لا يمكنه تركها او اهمالها فعند ذلك يعنى بالبحث عن محصولات صنعته كما يعنى الطبيعي بالاشياء الطبيعية وما احتوت عليه ويلتفت اليها التفاتا كليا فيعرف النسبة بين ما عرض عليه من الاشياء الجديدة وبين ما ماثلها من الاشياء المعروفة عنده من قبل ويعرف ايضا ما بينهما من الاختلاف الذي يعينه على التمييز بين انواعها وافرادها وهذا التفرغ والالتفات ليس مقصورا على مجرد ميل النفس وتولعها بذلك بل يترتب عليه نتائج مهمة جدا تكمل بها الصناعة ويمكن الاخبار بوقوعها قبل اوانها

ولا يمكن الوصول في اي فن من القنون الى غاية الكمال الا بالمداومة على ممارسة قواعد الرسم الهندسي الصحيحة فعلى ارباب الصنائع ان يبذلوا جهدهم في معرفة طرق الرسم المبينة في كتب الهندسة الوصفية فيصالون بها الى معرفة براهن الخواص المفيدة التي لم تعرض في كتابي هذا الا درك روس مسائلها وهل ينكر انه لو لم تنتشر معرفة الهندسة الوصفية ورسم الخطوط في فوريقات الافرنج وورشهم لبقيت صنائعهم على حالها الاصلية ولم تتسع دائرتها ولم تصل الى هذه الدرجة التي هي عليها الان

\*(الدرس الخامس عشر)\*

في بيان انحاء الخطوط والسطوح

اذا فرض اننا نسير على خط منحن ناظرين دائما الى اتجاه الخط المماس لهذا

المخني بالنظر للنقطة التي يكون فيها الانسان فانه لا يكتفي ان نستمر على السير الى جهة الامام بل يلزم الانعطاف في كل وقت جهة الخط الداخلى من الخط الواقع عليه السير فاذن يكون انحناء هذا الخط مناسباً لمقدار الانعطاف المنتقسم في كل مسافة صغيرة تم عبورها

واذا سرن على الدائرة لاجل قطع اقواس متساوية فانه ينبغي الانعطاف بمقادير متساوية فاذن يكون انحناء الدائرة على حالة واحدة في جميع اجزائها

واذا سرن بالتوالي حول دائرتين غير متساويتين (شكل ١) وكان نصف قطرهما  $r$  و  $R$  كان  $r \times 3 \times 14$  هو مساحة محيط الدائرة الكبرى وكان  $R \times 2 \times 3$  هو مساحة محيط الدائرة الصغرى الا انه اذا قطعنا دائرة تمامها وسرنا دائرتنا حول محيطها فان مقدار الدور يكون  $360^\circ$  فاذن تكون النسبة بين انحنائى  $\theta$  و  $\phi$  للدائرتين

$$\text{كنسبة } \frac{360^\circ}{r \times 3 \times 14} : \frac{360^\circ}{R \times 2 \times 3} \text{ او } :: \frac{1}{r} : \frac{1}{R}$$

فلذا كان محيط الدائرة الصغرى (شكل ١) هو اكبر انحناء من محيط الدائرة الكبرى بالنسبة المنعكسة بين نصف القطر الا صغرو نصف القطر الا كبر فاذن تكون النسبة بين انحنائى الدائرتين كنسبة نصفى قطريهما المنعكسة فمن ثم كان كلما كبر نصف القطر صغر انحناء الدائرة حتى يصير غير محسوس \* (بيان اجراء العملية في انحناء الارض) \*

حيث ان نصف قطر الارض يزيد على ستة ملايين من الامتار كانت دائرتها الكبرى اقل في الانحناء بنحو مليون من دائرة نصف قطر هاسته امتار وتكون ايضا اقل بثمانية ملايين من دائرة كعجلة عربية فلذا ترى انحناءها غير محسوس في المسافات الصغيرة ولا يمكن ادراكه الا في البحار والسهول الواسعة

ثم ان معرفة انحناء الارض يتوصل بها لقياس ارتفاع الجبال والسواحل على وجه التقريب اذا علمت المسافة بين هذه الاماكن والنقطة التي يكون فيها الراصد

ولنفرض مثلاً ان  $AB$  هو نصف قطر الارض وان  $\theta$  (شكل ٢)



الانحناء ومركزها مركزه

وحيث ان نصف القطر عمود على محيط الدائرة في نقطة  $\bar{A}$  وليس هنالك فرق بين محيطها في نقطة  $\bar{A}$  و  $\bar{A}'$  ومحيط المنحنى فانه ينتج من ذلك ان نصف قطر الانحناء عمود على المنحنى وانه مقياس انحنائه

ولنفرض اننا مددنا من نقط مختلفة كنقط  $\bar{A}$  و  $\bar{A}'$  و  $\bar{A}''$  (شكل ٤) الشديدة القرب من بعضها خطوطا عمودية على منحنى  $\bar{A} \bar{Z}$  واخذنا طولها كطول  $\bar{A}$  و لنصف قطر الانحناء في نقطة  $\bar{A}$  وطول آخر كطول  $\bar{A}'$  و لنصف قطر المنحنى في نقطة  $\bar{A}$  وطول ثالثا كطول  $\bar{A}'$  و لنصف قطر الانحناء في نقطة  $\bar{A}$  وهكذا في ثلث ان تقطع  $\bar{A}$  و  $\bar{A}'$  على قوس الدائرة التي مركزها نقطة  $\bar{O}$  ينتج ان  $\bar{O} \bar{A} = \bar{O} \bar{A}'$  ولذلك ينتج ايضا ان  $\bar{O} \bar{A} = \bar{O} \bar{A}''$  وان  $\bar{O} \bar{A} = \bar{O} \bar{A}''$  وهم جوا

واذا ثبتنا في نقطة  $\bar{A}$  التي هي نهاية خيط غير قابل للامتداد وشهدنا هذا الخيط على حسب اتجاه  $\bar{A} \bar{O}$  وعلى حسب المحيط المفروض بنقط  $\bar{O}$  و  $\bar{O}'$  و  $\bar{O}''$  الخ التي هي مراكز انحناء  $\bar{A} \bar{Z}$  ثم قربنا نقطة  $\bar{A}$  بشدة الخيط المذكور من غير ان يتجاوز طول  $\bar{O} \bar{O}'$  وهم جوا فان جزء الخيط وهو  $\bar{A} \bar{O}$  يرسم قوس دائرة صغيرة مثل  $\bar{A} \bar{A}'$  يكون تمامه على منحنى  $\bar{A} \bar{Z}$  حيث ان مركزه هو مركز الانحناء وهو  $\bar{O}$  من خط  $\bar{A} \bar{Z}$  واوله من نقطة  $\bar{A}$

فاذا وصل هذا الخيط الى نقطة  $\bar{A}$  صار مشدودا شدًا مستقيما من  $\bar{A}$  الى  $\bar{O}$  واذا قدمنا نقطة  $\bar{A}$  لتزمن  $\bar{A}'$  الى  $\bar{A}$  فان الخيط المشدود شدًا مستقيما من  $\bar{O}$  يرسم قوس دائرة مثل  $\bar{A} \bar{A}'$  يكون مركزه نقطة  $\bar{O}$  فاذا مررت ايضا نقطة مثل  $\bar{A}$  من  $\bar{A}$  الى  $\bar{A}''$  فانها ترسم قوس  $\bar{A} \bar{A}''$  يكون مركزه في نقطة  $\bar{O}$  وهكذا

فعلى ذلك اذا عرفنا جمل نقط شديدة القرب من بعضها كنقط  $\bar{O}$  و  $\bar{O}'$  و  $\bar{O}''$  الخ التي هي مراكز انحناء خط  $\bar{A} \bar{Z}$  فانه يمكن ان نرسم بالسهولة منحنى  $\bar{A} \bar{Z}$



رفعه وتزليه فتقول

لاجل ذلك نضع عمودا اسطوانيا افقيا مثل ث يس على وجه التماس مبيتة بارزة مثل د ه اسفلها على صورة خط مستقيم متصل بمركز العمود عند نزول المدق الى نقطته السفلى (شكل ٦)

ونعين على محيط العمود قوس و ح خ ز من خط الانتشار لمحيط و و و و للدائرة المستعملة قاعدة للعمود

فاذا دار هذا العمود فان نقطة و تصل من مبدء الامر الى الوضع الذي كانت تشغله نقطة و وفي هذه الصورة يكون تماس و ح من الدائرة قائما (شكل ٧) فاذن ينبغي ان مبيتة ه د التي تجذب معها المدق ترتفع ارتفاعا مساويا لارتفاع و ح فاذا استمر العمود على دورانه فان نقطة و تصل للموضع و الاصلى وحينئذ ترتفع المبيتة والمدق ارتفاعا يساوى و ح وبالجملة فباستمرار العمود على الدوران تصل نقطة و للموضع الاصلى من نقطة و (شكل ٨) ويصير و ر قائما فاذا انعدم ما يحجز المبيتة انقطع دفعها للمدق عن السقوط لثقله فتقطع حركته حتى ينتهي دوران العجلة ثم ترفع المدق ثانيا

وفائدة هذه الحركة كونها تحصل بدون اضطراب وتستمر على قوتها كما سيأتى في الميكانيكة وقد تكلمنا في الدرس الثالث عشر على المنحنى المسمى بالقطع الناقص الذي له مدخلية كبيرة في العمليات وحيث ان هذا المنحنى وهو

ا ب ث (شكل ٩) مماثل المحورين فان خط انتشاره وهو د ه ف يكون ايضا مماسا لثلاث النقط للمحورين المذكورين ثم ان اكبر انحناء القطع الناقص يكون في نهاية محوره الاكبر واصغر انحناءه يكون في نهاية محوره الاصغر

واذا اردنا رسم قطع ناقص كبير (شكل ٩) يكون ممتدا ومتواصلا يمكن ان نرسم الخط المنتشر وهو د ه ف ونرسم ايضا ا ب ث بواسطة خيط ايا ما كان او بشاقول ينثنى تارة على حسب د ه وتارة على حسب



هـ

ومن المهم ان تذكر لك انه ولورسمنا مع منتشر **د هـ ف** شكلا مضلعا أي  
عدة خطوط ينشأ عنها عدة زوايا فان منحنى **أ ب ث** لا يرى في سائر  
جهااته جزء مستقيم ولا زاوية وانما يكون له شعبتان لا يوجدان في خط  
**د هـ ف** ويكون للمنحنى الذي خط انتشاره **أ ب ث** اتصال اكبر من  
المنحنى المذكور لان انصاف اقطار انحنائه تزيد وتنقص على التدرج  
ولو تعاقبت انصاف اقطار منحنى **أ ب ث** بدون اتصال كما في رسم المنحنى  
المسمى باذن القفة راجع الدرس الرابع (شكل ٣٦)  
فن هنا تعلم ان الاتصال على انواع مختلفة لا بأس بايرادها هنا فنقول

اولا يمكن رسم خط منحنى (شكل ١٠) بواسطة عدة نقط منفردة قريبة من  
بعضها جدا كالخطوط المنقطعة التي تستعمل في الرسم وكالاتجاهات المعينة  
بصفوف اشجار مغروسة على ابعاد مختلفة الطول بموجب الخطوط المستقيمة  
او المنحنية التي يتصورها الانسان مع السهولة اذا كان لهذه الخطوط المنحنية نوع  
اتصال غير ان الاتصال هنا يدل عليه عدة نقط كما يرمز اليه بالارقام في الجداول  
التي يعرف بها وضع جلة نقط خط منحنى ومثال ذلك رسم قارين السفن  
ثانيا يمكن ان نرسم خطا منحنيا بواسطة عدة خطوط مستقيمة تكون اوتارا  
لهذا المنحنى مثل **أ أ** و **أ أ** و **أ أ** الخ (شكل ١١) او خطوطا  
مماسية مثل **أ أ أ أ** الخ (شكل ١٢) وفي هذه الصورة الثانية يكون  
في تعاقب النقط اتصال لا يوجد في الاتجاه بحيث يتغير الاتجاه في كل  
رأس مثل **أ** و **أ** و **أ** من الشكل المضلع تغيرا غير محسوس

ثالثا يمكن ان نبدل الخط المنحنى بعدة اقواس دوائر كما قواس **أ أ** و **أ أ** و **أ أ**  
(شكل ٤) التي نصف قطرها انحنائها يكون تقريبا عين نصف قطر الخط الذي  
ايده تلك الاقواس وفي هذه الصورة يكون في تعاقب النقط وفي اتجاهها  
اتصال فاذا كانت الاقواس صغيرة جدا كان الاتصال في اتجاه الخط المنحنى  
وفي انحنائه وعلى هذا الوجه يرسم المعمار جبهة الصورة الجانبية من القباب

المنكسة كما تقدم وكذلك مهندسو القناطر والجسور في رسمهم لعيون القناطر الغير المستديرة

ثم ان الفنون بحسب اهمية عملياتها وما يلزم لها من الضبط الذي عليه مدار نجاحها لا بد فيها من استعمال هذا الاتصال على اختلاف درجاته في تركيبها وحركاتها فعلى نظار المعامل والكرخانات ان يختاروا بحسب الزوم والاقتضاء الطريقة الجامعة لشروط السهولة والاختصار والضبط التام

ولابد ان يذكري طريقة ميكانيكية يستعملها مهندسو السفن اذا ارادوا تجسيم اتصال الاتجاه والانحناء من الخطوط التي بواسطتها يتحددون ويعمرون شكل قارب السفن وحاصلها انهم يعينون النقط المنفردة التي يمر بها الخط المنحني ثم يضعون المسامير من جهتي النقط المذكورة على بعد بحيث يمكن ثني المسطرة الرقيقة ووضعها بين المسامير المزودة بوجه وبالجمله فينبغي ان ترسم بقلم الرصاص الخط المنحني المبين بطول المسطرة المثنية بحيث يمر بمسائر النقط التي هي  $A$  و  $A'$  الخ (شكل ١٣) ولا بد من ممارسة هذه العملية مرارا عديدة قبل اجرائها ليكون رسم انحناء الخط من اوله الى آخره على وجه تدريجي غير محسوس بحيث يرى فيه قدرا لاتصال الذي يعين على اضعاف المقاومة التي تحصل للمياه عند مرورها بطول القاربين وقت سير السفينة فعلى مهندس السفن ان يطلعوا الاشكال الهندسية فان لهم فيها فائدة عظيمة توصلهم الى هذا الغرض وتكسبهم اصالة الرأي وسرعة التمييز

ولا يلحق الا ان تستعمل طريقة رسم الصور الكبيرة في رسم الصور الصغيرة المنقولة على الورق بل تبدلت المساطر الكبيرة المتخذة من الخشب بمساطر صغيرة متخذة من رياش القيطس منها ما يكون سمكه واحدا ويستعمل في رسم الخطوط المنحنية التي انحناءها لا يتغير الا بمقدار قليل ومنها ما هو مرقق شيا فقسيا في احد طرفيه او الطرفين جميعا ويستعمل في رسم اجزاء الخط المنحني الذي يتقص انحناءه كذلك شيا فقسيا من طرف الى آخر ثم ثني هذه المساطر بحيث يمر بمحيطها بالنقط المعينة على المستوى لما انها نقط المنحني المطلوب الذي يرسم بقلم

رصاص يسند على المسطرة المثنية على شكل خط منحن ولاجل سهولة  
الرسم على الورق ابدلوا ايضا ماسا يرسم الصور الكبيرة الشبيهة بالصور التي  
يرسمها مهندسو السفن في عنابر الجبريات وهي محيط القارين المنتصب بقطع  
رصاص مصنوعة على شكل المثلث ومستورة بالورق او اللتماش كقطع ح

و ح و خ الخ (شكل ١٤)

ويستعمل غالباً الرسامون في رسم خطوط منحنية تمر بنقط معلومة آلة يسحبونها  
طبخجة لانها على شكلها الرموز له بهذه الاحرف وهي **ا ب ث د ه**  
(شكل ١٥) ولما كانت هذه الآلة متنوعة الانحناء امكن ان نضعها  
في اغلب الصور بحيث ترسم بالتدريج شكلا مجردا عن الزوايا يكون انحناءه  
متوايلا بدون أن يكون فيه خروج

والى الآن لم تكلم الاعلى انحناء الخطوط المرسومة في مستو واحد كالخطوط  
التي تسمى بذات الانحناء المقرد ولكن هنالك خطوط لا يمكن رسمها على مستو  
واحد لازدواج انحنائها كالخطوط الحلزونية المرسومة على الاسطوانات  
والخاريط ونحو ذلك ولتسكلم عليها فنقول

اذا ارى برسم الخطوط ذات الانحناء المزدوج كذات الانحناء المقرد فلا مانع  
ان تأخذ اثنائهما النقط المتتالية بدون فاصل التي تتركب منها الخطوط المذكورة  
ثلاثا ثلاثا ثم تزداد مرة من كل ثلاث نقط تكون هذه الدائرة هي دائرة المنحنى  
المماسية التقريبية لساير امتداد المسافة الصغيرة المنحصرة بين النقط الثلاثة واذا  
اطلق السطح المماس التقريبي فالمراد به سطح الدائرة المماسية التقريبية ولا يمكن  
ان تكون دائرة اخرى اقرب من ذلك الى المنحنى المزدوج الانحناء وذلك من مبدء  
المسافة المعتبرة \* وبواسطة طريقة المستويات والدوائر المماسية التقريبية  
يمكن لارباب الفنون ان يرسموا باجتماع عدة اقواس دائرية متعادلة على  
وجه التماس ساير الخطوط المزدوجة الانحناء ويكون هذا الرسم على وجه  
التقريب والاتصال التام

وهناك ملحوظات لطيفة جيدة في شأن انحناء الخطوط السابقة غير انها ليست

من المبادئ رأسا ولا تـ كنرمـد خـليتها في عمليات الصناعة العادية فلا وجه لايرادها

واما انحناء السطوح فهو بعكس ذلك اعني انه متواتر جدا لا يستغنى عنه في عمليات الصناعة

### \* (بيان انحناء الكرة) \*

الكرة هي سطح يسهل قياس انحنائه وبيانها \* وذلك بان تأخذ على الكرة نقطة ما كنقطة  $A$  (شكل ١٦) ونمذ من نقطة  $O$  والمعتبرة مركزا نصف قطر  $OA$  فيكون نصف القطر المذ كور قياس الانحناء في نقطة  $A$  لساير القطاعات الحادثة في الكرة عن مستوي يشتمل على نصف قطر  $OA$  ويكون ايضا قياسا لانحناء الكرة وهو كما ترى انحناء ثابت في ساير جهات السطح وفي جميع نقطه فمن ثم ينتج ان كل نصف قطر كرة يكون نصف قطر انحنائها ونصف قطر القطاعات الحادثة عن مستوي يشتمل على نصف القطر المذ كور .

ونصف قطر انحناء الاسطوانة القائمة المستديرة بالنظر لقاعدتها هو عين نصف قطر الكرة التي تكتنفها تلك الاسطوانة او تمسها بحسب محيط قاعدتها واما بالنظر لضعاعها وهو  $AB$  (شكل ١٧) فلا انحناء لها اصلا بحيث اذا سئل عن طول نصف قطر الدائرة المماسية التقريبية للاسطوانة بالنظر لضعاعها يجاب بأنه غير متناه

ومن هذا القبيل المخروط القائم المستدير فان نصف قطر انحنائه من جهة قاعدته هو نصف قطر الكرة التي يكتنفها بخلافه من جهة ضلعه فانه لا انحناء فيه

وبالجملة فباقى الاسطوانات والمخاريط على اختلاف انواعها وكذلك جميع السطوح المنتشرة ليس لها انحناء من جهة اضلاعها المستقيمة الزوايا بخلاف جهتها العمودية فلها انحناء متفاوت في الظهور

ويظهر لك من الاسطوانات والمخاريط ان مركز انحناء القطاعات الحادثة بواسطة نصف قطر  $OA$  من القاعدة (شكل ١٧ و ١٨) يكون في داخل

السطح المنحني فعلى ذلك تكون انصاف اقطار  $او$  و  $او$  و  $او$  الخ  
متجهة في جهة واحدة وموازية لبعضها في امتداد ضلع  $ا ا ا$  الخ  $ب$   
من السطوح المخروطية والاسطوانية

ولست السطوح المعوجة من هذا القبيل \* مثلاً اذا انطرت الى السطح المعوج  
من السلم رأيت فيه من جهة تجويفه الانحناء الى اسفل ومن اخرى اعنى  
الجهة العمودية الى اعلى

ثم ان ما يوجد في حلق طارة البكرة (شكل ١٩) من الانحناء القليل تراه  
متجهاً في الجهة العمودية على محور الطارة ويكون مركز ذلك الانحناء موضوعاً  
على نفس هذا المحور بخلاف ما في الجهة الموازية للصور فان المركز العظيم  
الانحناء من حلق الطارة يكون في نقطة  $د$  التي على بعد واحد من نقطتي  
 $م$  و  $ح$  اللتين هما طرف حلق الطارة المذكورة

فمن هنا يظهر ان السطوح بالنظر لانحنائها على ثلاثة انواع  
ففي النوع الاول يكون اتجاه الانحناء الخطوط التي يمكن رسمها على اى سطح كان  
متجهاً في جهة واحدة ويدخل تحت هذا النوع الكرة والجسمات الناقصة  
والسطوح البيضاوية وما اشبه ذلك

وليس في النوع الثاني الا جهة واحدة وانحناءها ظاهر واما الجهة الاخرى فهي  
خالية عن الانحناء بالكلية ولا يدخل تحت هذا النوع الا السطوح المنتشرة  
والاسطوانية والمخروطية وما اشبهها

ويوجد في النوع الثالث جزؤ من الانحناء متجه في جهة والجزء الاخر في الجهة  
المقابلة لها بحيث اذا مددنا من نقطة معلومة من السطح خطاً عمودياً على السطح  
المذكور فانه يوجد على الخط العمودي المذكور من احدى جهتي السطح جزء  
من مركز انحناء القطاع والجزء الاخر يوجد من الجهة الاخرى

وهذه الانواع المذكورة توجد في ظاهري الجسم البشري على اختلاف شكل  
اجزائه فمن النوع الاول اشكال اطراف البارزة عن البدن كالعقب والرضفة  
والركبة والكتف واطراف الاصابع فان لكل منها انحناءين متجهين

في جهة واحدة

واما الفخذ والساق والذراع فهما جزء لا يتجزأ له في احدى جهاته فهو من

النوع الثاني

ومن المشاهد ان مفاصل الاذرع والاصابع والاياط وما اشبهها وكذلك مربوط الرأس والجسم بالعنق وغير ذلك من قبيل النوع الثالث ذي الالتصاقين المتجهين في جهات متقابلة

ثم ان صانعي التماثيل وارباب الرسم يمتزجهم واعتيادهم على رسم صور الاجسام البشرية وملاحظة انحاء اجزائها المختلفة يظهر لهم فيها تفاوت دقيق فبقدر اجتهادهم في التوفيق بهذا التفاوت تكون صناعتهم مقبولة لدى ارباب المعارف فاذا سلكوا في ذلك مسلك الضبط والجودة كانت صناعتهم بديعة تروق الناظر وتوجب الخاطر والافتقار منها فهو سهم واستبسعوها

وانحاء تلك الاجزاء المختلفة له تعلق وارتباط عظيم بشكل العظام والاعصاب والعضلات المكسوة بالجلد فيجب حثث على الرسام المتبحر في فنه أن يقف على حقيقة الاشكال التي يريد رسمها مع غاية الاهتمام بحيث يكون رسمه مبنيا لما استمر من اشكال الاجزاء الداخلية التي يمكن رؤيتها

وفي صناعة بعض المصورين خطاين وهو كونهم يجعلون بعض اجزاء سطح الجسم البشري بارزا جدا او منحنيا انحناء شديد او محدبا محدبا مفرطا لتكون الاشكال التشريحية على غاية من البيان مع انها في الواقع دقيقة لا يدركها النظر وما ذاك الا تصنع حلهم عليه التأتق والزخرفة ومثل هذا الامر لا يليق بكبار الاساتيد

ثم ان سطح سيما الانسان لا يخلو عن تغير لطيف منوط بالتأثرات الباطنية دائمة كانت او وقية فاما الاولى فينشأ عنها في انحاء الاجزاء المتغيرة بل وكذلك في منظر الاجزاء الثابتة اشكال تبقى زماما طويلا وتدرله دقائقها بدوام البحث ومن يد التأمل وذلك كهيات الوجه وسماءه واما التأثيرات الوقية فينشأ عنها في تقاطيع الوجه تغير بين او غير بين فلذا كانت معرفته من اهم الامور في ممارسة

القنون المستظرفة لكونه على انواع مختلفة يختار منها الاذكياء من ارباب الفراسة الاشكال المضبوطة التي هي بالنسبة لما يركبونه اتم من غيرها لياقطة للاوصاف والاحوال من بشاشة وعيوس وغوص الفكر في الدقائق وسوء الطوية وهناك مجت آخر مستحدث يتعلق بشكل رأس الآدمي لآبأس بإيراده فنقول انه زيادة على ما في النحناى الجمجمة الاصليين من الانتظام يرى في محال من جماجم بعض افراد من بين آدم تفتيات والنحناآت متنوعة بينة وغير بينة وهذه الاجزاء سواء كانت قليلة الانحناء والتحديب او كثيرته تعتبر كأنها علامات خارجية يستدل بها على قوة ادراك الانسان وضعفه وعلى ميله وطبيعته

وقد يسهل على من اطلع على هذا المبحث ان يكسوه ثوب الهز والاحتقار الا ان الفطن الباحث عن نواميس الطبيعة لا يبادر بالافراط في الذم والمدح حيث ان هذا المبحث الجديد لا بد أن يسلك الانسان في مطالعته مسلك الجد ولوصح ان الانسان يتصدى للبحث عن كل شئ ويبين اسبابه لنشأ عن ذلك تكثير العلامات المفروضة لانواع الميل والقوى العقلية الا انه يكتفى بوجود عدة قليلة من نسب القوى العقلية تكون علامات متباعدة مختلفة عن بعضها قليلة وكثرة في شكل الجماجم لتصير دراسة اختلافات النحنيات في المباحث التي يشتغل بتحقيقها فكر العاقل

وللاجزاء المتنوعة التي يتألف منها هيكل الحيوانات حجم واشكال مستقيمة او منحنية تجعلها قابلة للتجرك قلته وكثرة وهذا موضوع علم جديد يقال له علم تشريح الحيوانات وهو علم تضبط ان شاء الله تعالى مباحثه ويكون ذلك بمقابلة الابعاد الاصلية من اجزاء هيكل الحيوانات على اقيسة هندسية وكذلك اتجاه انحناء جزء من الهيكل المذكور لاسيما الاجزاء المتلاصقة اعني المفاصل

وكما ان هذا المبحث الذي نحن بصدده يعين على التقدم في العلم المذكور يوجد فيه نتائج عظيمة يعود دفعها على اشغال الصناعة ثم ان الحيوانات عند قضاء شهوتها الطبيعية يصدر عنها عمليات على غاية من التمام لاتعالو القنون والحرف على المتوسط منها فهي تسلك فيها على منوال الوسائط المتنوعة العجيبة التي اسدها

الطبيعة للحيوانات الناطقة وغيرها

ثم ان اسنان الحيوانات التي غذاؤها الكلاء منتظمة غاية الانتظام لاجل مضغ  
المواد النباتية وجرشها حتى لنشكل اسنانها ليعتريه اختلال اصلا مع دوام  
استعمالها في مضغ الغذاء بخلاف شكل اجنار الطواحين فانه يلحقه الاختلال  
في اسرع وقت فمن ثم يضطر الانسان الى تجديد هذا الشكل غالباً وذلك بنحت  
الاجنار وتقرها ليحسن الطحن بها ومن هنا يعلم ان نتائج الفنون والصناعة  
لاتساوى الاثار الطبيعية ثم ان الخواجه مولارد احد اعضاء جمعية العلماء  
بياريس اشتغل بصناعة آلات للجرش والمضغ وجعلها على صورة اضراس  
الخيل بحيث لا تحتاج الاضراس المذكورة الى الاصلاح الذي يدونه  
لا يكمل الجرش

فاذن تقتضي الصناعة نفسها ان المشرحين والمهندسين والميكانيكيين يجبهم دون  
في معرفة ابعاد اجزاء الحيوانات المختلفة وانحناهم او وظائفها  
ولنتقل الان من الكلام على هذه الملحوظات العامة المتعلقة باهمية مباحث  
انحناء السطوح في الصناعة وفي التاريخ الطبيعي اى علم الحيوانات الى الكلام  
على الخواص الهندسية التي بها تسهل معرفة اصول هذه الانحناءات وتنوعها  
فنقول

يمكن أن نرسم بالنسبة الى سطوح النوع الاول قطعاً ناقصاً واقعاً بالتوازي  
على سطحه (شكل ٢٠) في  $أ ب ث د$  وهذا القطع الناقص  
من مبدء نقطة  $ح$  يكون على صورة جزء من السطح المصنوع بالتوازي  
لمستوى  $م د$  المماس للسطح المذكور في نقطة  $ح$  والنجاور لمستوى  
 $م ن$  وحيث ان  $ح و$  هي المسافة بين نقطة  $ح$  والمستوى القاطع  
وهو  $م ن$  فانه اذا مررنا من نقطة  $ح$  بجهل دوأ ثمر  $ك$  زها  
موضوعة على خط  $ح و$  العمودى وكذلك من محيط القطع الناقص  
حدثت سائر الدوائر المماسية التقريبية للقطاعات المصنوعة في السطح  
بمستويات الدوائر المذكورة



ويميز اصغر هذه الدوائر برأسي  $\overline{ب}$  و  $\overline{د}$  من المحور الصغير من القطع  
 الناقص ويميز اكبرها برأسي  $\overline{ا}$  و  $\overline{ث}$  من المحور الكبير من القطع الناقص  
 المذكور ويوجد في (شكل ٢٠) مكررا للدوائر الواقعة على مستو  
 واحد ما ربعمود  $\overline{ح}$  و  $\overline{ح}$  الذي في (شكل ٢٠)  
 فاذن ينتج انه في سطوح النوع الاول التي انحنأوها على اتجاه واحد يكون  
 اتجاه الانحناء الاكبر وهو  $\overline{ا ب}$  عموديا على اتجاه الانحناء الاصغر  
 وهو  $\overline{ث د}$

فعلى ذلك يكون اتجاه الانحناء الاكبر في جميع السطوح التي انحنأوها في جهة  
 واحدة من كل نقطة عموديا على اتجاه الانحناء الاصغر  
 وحيث ان محيط القطع الناقص منتظم بالنسبة لمحوريه فان الدوائر المماسية  
 التقريبية المارة بالمحيط المذكور وبعمود  $\overline{ح}$  و  $\overline{ح}$  تكون ايضا متماثلة  
 بالنسبة لمحوري  $\overline{ا ث}$  و  $\overline{ب د}$  اعني بالنسبة لاتجاهي كل من الانحناء  
 الاكبر والاصغر

فعلى ذلك تكون الانحناءات الغير الاصلية من القطاعات العمودية على السطح  
 وهي الانحناءات الآخذة في التناقص المستمر من الانحناء الاصغر الى الانحناء  
 الاكبر موضوعة بالتأمل بالنظر لاتجاهي الانحناء الاكبر والاصغر وذلك  
 بالانتقال من كل نقطة من نقط السطح المذكور

واما سطوح النوع الثالث فان المستوى الذي يقطعها قطعاً غير متناه بقرب  
 المستوى المماس يحدث عنه قطاع في الشكل هو عين القطع الزائد ويحدث  
 ايضا عن اتجاه محوري القطع الزائد المذكور اتجاه محوري الانحناء الاكبر  
 والاصغر فتكون الانحناءات الغير الاصلية موضوعة بالتأمل بالنسبة لاتجاه  
 المحورين المذكورين وشكل ٢١ يدل على القطاعين المصنوعين في ثقب  
 البكرة التي انحنأ آها متجهان في جهتين مختلفتين بمستويين موضوعين على  
 القرب من مستوى  $\overline{م ن}$  المماس في نقطة  $\overline{ح}$  للثقب المذكور  
 ويكون شكل القطاعين المذكورين كشكل قطعين زائدين مبينين ولا بأس

ان يكون هذا الشكل محدباً  
ويمكن اعتبار سطوح النوع الثاني كأنها حدة مشتركة بين النوعين الآخرين  
وحينئذ يثبت لها الخواص الموجودة في السطوح الاخرى بمعنى ان اتجاهاتها  
سواء كانت كثيرة الانحناء او قليلة تكون عمودية على بعضها في جميع الانحناءات  
المتوسطة المنتظمة على وجه التماثل بالنسبة للانحناءات الاصلية  
وقد اطلقنا قريبا لفظة مبينين على الخطوط المنحنية التي من خاصيتها تبين  
حقيقة انحناء السطوح وتناسبها وذكرا طرق استعمالها في معرفة الخواص  
اللازمة لانحناء السطوح

ولنفرض الآن انه كلما اتقل الانسان من اول نقطة من نقط اي سطح كان تقدم  
على حسب اتجاه الانحناء الاكبر وبذلك يرسم خطا فتكون جميع الخطوط  
المرسومة بهذا الوجه سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء  
الاكبر

ويقال في عكس ذلك انه كلما اتقل من نقطة مفروضة من نقط اي سطح كان  
تقدم على حسب اتجاه الانحناء الاصغر وبذلك يرسم خطا نانيا فتكون الخطوط  
المرسومة بهذه الكيفية سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء  
الاصغر

فينتج من ذلك ان خطوط الانحناء الاكبر عمودية على خطوط الانحناء  
الاصغر

ونخطوط الانحناء خاصية نافعة جدا في الفنون نذكرها لك بدون برهنة فنقول  
انه اذا مددنا من كل نقطة من نقط خط الانحناء عمودا على السطح فانه يحدث  
عن هذه الاعمدة سطح يكون بالضرورة منتشرا

وفي اسطوانة (شكل ٢٢) تكون الخطوط الصغيرة الانحناء اضلاعاً قائمة  
لانحناءاتها واما الخطوط الكبيرة الانحناء فهي القطاعات المصنوعة بمستويات  
عمودية على المحور وتكون محيطات هذه القطاعات بالضرورة عمودية على ضلع  
من اضلاعها فاذن تكون خطوط الانحناء الاكبر والاصغر في الاسطوانة على





## شكل زاوية قائمة

وفي الخروط (شكل ٢٣) الذي اضلاجه عين خطوط الانحناء الاصغر  
تتصل خطوط انحنائه الاكبر بهذه الكيفية وهي ان تضع طرف البيكار على  
رأس الخروط ثم ترسم في الطرف الاخر منه منحنيات متنوعة بقدر انقراض  
البيكار المختلفة بشرط أن تكون عمودية على الاضلاع لانه عند انتشار الخروط  
تصير هذه المنحنيات دوائر تكون اضلاعها انصاف اقطار

وفي سطوح الدوران تكون دوائر انصاف النهار خطوط احد الانحناءتين  
وتكون المتوازيات خطوط الانحناء الاخر ومن المقرر ان دوائر انصاف النهار  
في جميع اتجاهها عمودية على المتوازيات السابقة

وقد اجاد المعلم منج الشهير في تطبيق الخواص التي سبق سردها على عملية  
قطع الاجار حيث قال اذا اريد تحت قبوات منحنية الشكل فان تلك  
القبوات تقسم بالناسب الى منازل صغيرة جدا بحيث يمكن اخراج كل منزل  
منها من حجر واحد

وبعد عمل جزء الحجر الدال على المنزل الاول وتشكله بالشكل الذي يناسب سطح  
القبوة تعمل الواجهة المسماة بالالتحامات التي على حسبها تلتصق اجزاء العقد  
بعضها ويجب لاجل استيفاء الشروط اللازمة لذلك امر ان احدهما أن يكون  
شكل اوجه الالتحام بسيطا محكم الصناعة والثاني أن يكون مجموعها في غاية  
من الصلابة الا ان هذا الامر الثاني يقتضي ان اوجه الالتحام تكون عمودية على  
منحني القبوة وكيفية ذلك سهلة وهي انه اذا حدثت زاوية منفردة عن وجه  
التحام حجر العقد مع القبوة المذكورة فان حجر العقد المجاور لهذا الحجر يحدث عنه  
مع القبوة المذكورة زاوية حادة بسبب الضغط يدم حجر العقد المنتهي بصلع  
منفرد حجر العقد المنتهي بصلع حاد ويفتته اذا كان الضغط قويا او يفلقه  
ويكسره اذا كان الضغط خفيفا ولاجل السهولة والاحتصار في ذلك ينبغي عمل  
الالتحامات مستوية او منتشرة فاذا اختير هذا الشكل امكن أن نصنع من  
الورق والنفقوى او نحو ذلك من الاجسام القابلة للثني والانعطاف فرخاستويا

له محيط مضبوط يلائم وجه الالتحام ويكفي ثنيه على وجهه لائق لينظر هل ينطبق في سائر اجزائه على وجه الالتحام الذي يكون عموديا على القبوة بواسطة المسطرة المثبتة ام لا

وهي ان الامر ينسب الى السابقين يستلزمان إيجاد سطوح منتشرة عمودية على القبوة وعلى بعضها ايضا يستلزمان كذلك أن نجعل خطوط الانحناء سطح القبوة هي خطوط التحامه

ففي ذلك اذا رسمنا سطوحا اسطوانية (شكل ٢٤) فاننا نتخب التحاماتها فننتخب في الاتجاه الاول الاضلاع المتوازية التي على بعد واحد من بعضها وهي خطوط الانحناء الاصغر وننتخب في الاتجاه الثاني الخطوط المنحنية العمودية على هذه الاضلاع وهي خطوط الانحناء الاكبر ثم ان سطوح الالتحام الحادثة عن الخطوط العمودية من السطح بموجب الاضلاع او المنحنيات المذكورة هي سطوح مستوية تتقاطع في زاوية قائمة وبذلك يكون شغل قطاع الاجار سهلا بقدر الامكان

واذا صنعنا سطوحا مخروطية (شكل ٢٥) كالابواب والشبايك الواسعة وطاقات المدفع القبية مثل طاقات الحفر الارضية وغير ذلك فاننا نجعل خطوط التحامها اضلاع المخروط والمنحنيات العمودية على هذه الاضلاع

واذا اريد صنع قبة على شكل سطح دوران (شكل ٢٦) كقبة مثلا فاننا نرسم على القبوة المذكورة طبقات منتظمة مركبة من دوائر عمودية ومن متوازيات فيحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه دائرة عمودية مستويات وهذه المستويات هي خطوط الالتحامات المنتهية لاجار العقد ويحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه الخطوط المتوازية اشكال مخروطية وهي التحامات الجهة الاقضية وتكون تلك الالتحامات منتشرة لانها مقابلة لخطوط الانحناء وبالجملة فالالتحامات المخروطية تكون مقطوعة في زاوية قائمة بالالتحامات المستوية التي هي مستويات دوائر عمودية بالنظر للحاريط

والى هنا تم ما اوردته لأمه ولقب منج من التطبيق الشبه  
فلاشك انه جدير بأن يستفاد منه أهمية مجت انحاء السطوح  
الاصلية فى الفنون والصنائع ومدخلية فيها وكذلك الفنون المستترة قطرها  
فيها مدخلية عظيمة تعود عليها بالنفع

وذلك انه يتنوع الضوء والظلال فعرف بمجرد النظر النقط البارزة او المضيئة  
وكذلك الاضلاع الميمنة والمحيطات الظاهرية التى تخصص صور الاجسام  
بخواصها ونستعين فى الاجزاء التى ليس فيها نقطة متساوية ولا خط كذلك بانوار  
الظل والضوء بينة كانت او غير بينة على تمييز صور الاجسام وجسمها ودرجة  
انحنائها فى كل جزء من اجزاء سطحها

ولست منفعه هذا المبحث مقصورة على ارباب الحرف بل تم ايضا اهل الصنائع  
على اختلافها حيث يكسبون منه معارف سهلة مضبوطة كاملة فى شأن  
حقيقة شكل الاجسام التى يعنون بها لاحتاجهم الى مجرد التראה  
ولنبين كيفية الوقوف على انحاء السطوح بالمشاهدة فنقول

لنفرض ان كرة **آ ب ث** مضيئة باشعة شمسية على اى اتجاه كان ولنبدأ  
برسم خط اتصال الظل من الضوء وهو **ل ل ل** بمقتضى القواعد  
المذكورة فى درس (١٤) ونبين الجزء الذى فى الظل بخطوط سود فيكون  
الجزء المضيء هو **ل ل ل ب ث** لا غير (شكل ٢٧) فعلى ذلك  
يظهر لنا القمر فى تشكيلاته المختلفة من اول استهلاله كما فى (شكل ٢٩)  
الى التربع الاول كما فى (شكل ٢٨) الذى يظهر فيه نصفه منيرا والنصف الآخر  
مظلا ثم يصير على الهيئة التى فى (شكل ٢٧) قبل أن يتكامل نوره ويصير  
قرا كاملا وفى ذهابه يكون مكسوبا بحيث لا يرى الراصد له نورا فاذا لم نعتبر  
الاجزاء المنيرة وهو **ل ل ل ب** فلا مريع لفسيته للكرة دون السطح  
الممتد والمفرطح فى جهة الشعاع النظرى وهالك الكيفية التى يعرف بها مقدار  
هذا التفاضل

وحاصلها ان السطح المعتبر كانه مرآة منيرة يوجد فيه نقطة وهى نقطة و

كافي (شكل ٤٧) يرى الراصد منها صورة الشمس او الجسم المضي وهذه النقطة هي التي ينعكس فيها الضوء العظيم بالسطح وإذا سميت بالنقطة المنيرة فيلزم أن تحديد وضعها ويسهل ذلك ان امكن مد خط عمودي في نقطة و على سطح الجسم فحينئذ يكون اولا كل من الشعاعين العارض والمنعكس في مستوي واحد كالعمود المذكور وثانيا يحدث عن تلاقعهما مع هذا العمود زاوية واحدة وبموجب هذين الامرين تفيدنا الهندسة الوصفية طريقة ايجاد النقطة المنيرة من سائر السطوح المتنوعة بالنسبة لموضع معلوم للنظر واتجاه متحد للأشعة فكلما اتصلت هذه الأشعة بالسطح وكان اتصالها به على شكل زاوية كثيرة الانحراف وكانت في انعكاسها كذلك كثرت شتيت النور واخذ في التناقص وما راس السطح قليل النور

ومن المعلوم انه يمكن أن نرسم حول نقطة و بجملة خطوط يظهر فوق محيطها للراصد ان النور المنتشر فوق الجسم واحد وهذه الخطوط تسجي بالخطوط المتساوية اللون فاذا رسمت يكفي ان نلوّن ما بعده والانعوية اضعيفة على حسب درجة الضوء المقابل لكل خط فحينئذ يلون مع الضبط التام النور المتناقص بالتدرج فوق جزء السطح المنير

ويعرف بشكل هذه الخطوط ووضعها حقيقة انحناء سطحها ونوعه ولها علامة سهلة يعرف بها الاسطوانات والمخاريط وجميع السطوح المنتشرة وعلامة اخرى يعرف بها الكرة وسطوح الدوران والسطوح الحلقية وعلامة ثالثة يعرف بها السطوح الحلزونية والسطوح المعوجة وما اشبه ذلك

ثم ان تلك الخطوط التي ذكرناها وان كانت غير مشاهدة في الاجسام لاسيما والوانها التي خصصتها بالقدرة الالهية تتناقص تماق صامتواليا على وجه غير محسوس ولا ممانه الا ان النظر قد تعود على تمييز هذه الاشكال التي اختلاف تشكيلها في الظل والضوء انما هو من اختلاف انواع السطوح

ومع ذلك فيشاهد في هذا المعنى تفاوت عظيم في المهارة التي اكتسبها الناس على اختلاف درجاتهم بحسب ما عودتهم عليه صنائعهم من اعتبار بعض سطوح



منه من غير ان يشاهد من الخارج والى الخارجى وبما ان الميكانيكى فانهم يسمون  
الاسطوانات والاسطوانات او حروفها او حروفها او حروفها او حروفها  
ذلك هو لا يختلف غيرها فانهم فيه يدون ذلك

وكذلك من اطراف الاخشاب والمعادن وصانعوا الفخار والقرمورى وغيرهم  
من يصنع دأما سطوح الدوران فانهم يعرفون من اول وهله يدون من هل  
سطوحهم المجرى منها من سطح الدوران ولا وهل بعض احراهما ممتد او مفرطح  
بجلاف غيرها من الاشكال فهم فيه اقل مهارة

وكذلك المعمارجية فانهم يعرفون على ما ينبغي اشكال الاسطوانات والمخاريط  
المماثلة لاسطوانات قبوات العمارات ومخاريطها ويعرفون ايضا سطوح  
الدوران المشابهة لسطوح القبوات والاعمدة بجلاف غيرها من السطوح  
الاجنبية عن اشغالهم فليس لهم بها معرفة على ما ينبغي

فمن المهم ان تعود الامة بتامها على ان تعرف بمجرد النظر حقيقة نوع السطوح  
وكيفية صناعتها مطلقا سواء بلغت درجة الكمال ام لا لما ان ذلك وسيلة سريعة  
في تقدم الصناعة والفنون المستطرفة ونسب الكلام على ذلك بملاحظات  
ومباحث وسفسر ذلك تفصيلا عند الكلام على الملاحظات والمباحث التي  
بها اتسع دائرة الادراك وتعيننا على ادارة اشغالنا (راجع الجلد الثالث في الكلام  
على القوى المتحركة)

وينبغي للنقاشين ان يعودوا على ان يميزوا بمجرد النظر في كل جزء من السطح الذى  
يريدون نقشه هل انحناءه على اتجاه واحد او مختلفان وأن يميزوا ايضا اتجاه  
الانحناء الاكبر من اتجاه الانحناء الاصغر وأن يبينوا على السطوح استقامات  
الانحناء الاكبر والانحناء الاصغر لتيسر لهم العلامة العامة الدالة على  
السطوح التي يفرضونها او يتقنون صورتها فبذلك تكون اشغالهم صحيحة  
مضبوطة

وينبغي كذلك للمصور الذى يرسم بواسطة الالوان محسمات ذات ثلاثة ابعاد على  
سطوح ليس لها الابدان ان يقف على حقيقة وضع المقدار اللازم من الالوان



159

